

23

BIOLOGIE

lernen und lehren

**Experimentierprozesse von
Lehramtsstudierenden der Biologie**

Eine Videostudie

Meta Kambach

λογος

BIOLOGIE
lernen und lehren

Band 23

*Herausgegeben von
Angela Sandmann und Philipp Schmiemann*

BIOLOGIE lernen und lehren

Angela Sandmann & Philipp Schmiemann (Hrsg.)

Diese Reihe im Logos-Verlag Berlin bietet ein Forum für die Veröffentlichung von Forschungsarbeiten zum Lernen und Lehren von Biologie. Es werden empirische Studien präsentiert, die Lern- und Lehrprozesse im biologischen Kontext wissenschaftlich beschreiben; beginnend mit dem Kindergarten über die Schul- und Berufsausbildung bis hin zur Hochschul-, Fort- und Weiterbildung. Studien zu Alltagsvorstellungen sowie zu Interesse und Motivation in Biologie sind in diesem Rahmen ebenso willkommen wie z. B. Untersuchungen zu Kompetenzen, Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalisierung oder wie Studien aus den Bereichen Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung, Gesundheitserziehung und moralische Urteilsbildung. Die Herausgeber hoffen durch diese Präsentation qualitativ hochwertiger Forschungsergebnisse zum Lernen und Lehren von Biologie die Sichtbarkeit der Biologiedidaktik als empirische, forschungsorientierte Wissenschaftsdisziplin nachhaltig zu stärken sowie einen an neuesten, fachdidaktischen Forschungsergebnissen orientierten Biologieunterricht zu fördern.

Die Herausgeber laden alle Interessenten zu Dissertationsbeiträgen ein und bitten, sich diesbezüglich an den Logos-Verlag oder an die Herausgeber zu wenden.

Angela Sandmann

Philipp Schmiemann

Kontakt:

Didaktik der Biologie

Fakultät für Biologie

Universität Duisburg-Essen

45117 Essen

sandmann.office@uni-due.de

philipp.schmiemann@uni-due.de

Meta Kambach

**Experimentierprozesse von
Lehramtsstudierenden der Biologie**
Eine Videostudie

Logos Verlag Berlin



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Copyright Logos Verlag Berlin GmbH 2018

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-8325-4669-4

ISSN 2194-9808



Logos Verlag Berlin GmbH
Comeniushof, Gubener Str. 47,
D-10243 Berlin

Tel.: +49 (0)30 / 42 85 10 90

Fax: +49 (0)30 / 42 85 10 92

<http://www.logos-verlag.de>

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	III
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	IV
TABELLENVERZEICHNIS.....	VIII
ZUSAMMENFASSUNG.....	X
1 EINLEITUNG.....	1
2 THEORIE	5
2.1 Forschungshintergrund.....	5
2.1.1 Kompetenzbegriff	6
2.1.2 Naturwissenschaftliche Grundbildung.....	8
2.1.3 Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung.....	9
2.1.4 Kompetenzmodellierung	24
2.1.5 Erfassung von Experimentierkompetenzen.....	37
2.1.6 Zusammenfassung	47
2.2 Stand der Forschung.....	49
2.2.1 Erkenntnisse zu Prozessstrukturen.....	49
2.2.2 Erkenntnisse zu Vorstellungen und Vorgehensweisen beim Experimentieren	53
2.2.3 Zusammenfassung	64
2.3 Problemstellung	67
3 METHODE.....	75
3.1 Methodische Entscheidungen.....	75
3.1.1 Qualitative Forschungsansätze	76
3.1.2 Qualitätssicherung	77
3.2 Datenerhebung	86
3.2.1 Erhebungsmethoden	86
3.2.2 Entwicklung der Experimentierumgebung	92
3.2.3 Auswahl der Stichprobe.....	96
3.2.4 Konzeption des Settings.....	98
3.2.5 Entwicklung des Interviewleitfadens	100
3.3 Datenaufbereitung	100

3.3.1	Transkription der Videos.....	100
3.3.2	Anfertigung der Aufbauskizzen.....	101
3.4	Auswertungsverfahren	102
3.4.1	Kodiermanual zur Prozessstruktur.....	104
3.4.2	Kodiermanual zu den Niveaustufen.....	113
3.5	Analyseverfahren	116
3.5.1	Analyse individueller Prozessstrukturen.....	116
3.5.2	Analyse prozessbezogener Niveaustufen	123
4	ERGEBNISSE.....	127
4.1	Beschreibung individueller Prozessstrukturen.....	129
4.2	Beschreibung prozessbezogener Niveaustufen.....	150
4.3	Zusammenfassung.....	159
5	DISKUSSION	163
5.1	Individuelle Prozessstrukturen	163
5.2	Prozessbezogene Niveaustufen	170
5.3	Methodendiskussion	179
6	IMPLIKATIONEN.....	183
6.1	Implikationen für den Biologieunterricht	183
6.2	Implikationen für die universitäre Lehre	184
6.3	Implikationen für die fachdidaktische Forschung	185
7	FAZIT	187
8	AUSBLICK.....	189
9	DANK.....	191
10	LITERATURVERZEICHNIS	193
11	ANHANG.....	229

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

<i>Abkürzung</i>	<i>Bedeutung</i>
<i>A</i>	Anwendung
<i>Abs.</i>	Absatz
<i>Bio</i>	Biologie
<i>Che</i>	Chemie
<i>COACTIV</i>	<i>Cognitive Activation in the Classroom</i> <i>The Orchestration of Learning Opportunities for the Enhancement of Insightful Learning in Mathematics</i> (Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung mathematischer Kompetenz)
<i>D</i>	Durchführung
<i>DfES</i>	<i>Department for Education and Employment</i>
<i>ECC</i>	<i>European Commission Conference</i>
<i>EE</i>	Experimentiererfahrungen
<i>F/Z</i>	Frage/Ziel
<i>H</i>	Hypothese
<i>HarmoS</i>	Harmonisierung obligatorische Schule
<i>k</i>	Kappa
<i>K/A</i>	Kommunikation/Anwendung
<i>KMK</i>	Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland
<i>Mat</i>	Mathematik
<i>MINT</i>	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik
<i>Mus</i>	Musik
<i>N</i>	Anzahl der Gesamtmenge
<i>n</i>	Anzahl der Teilmenge
<i>NRC</i>	<i>National Research Council</i>
<i>OECD</i>	<i>Organisation for Economic Cooperation and Development</i>
<i>P</i>	Planung
<i>QCA</i>	<i>Qualifications and Curriculum Authority</i>
<i>S</i>	Seite
<i>Spo</i>	Sport
<i>STEM</i>	<i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i>
<i>VKS</i>	Variablenkontrollstrategie
<i>mL</i>	Milliliter
<i>Pck</i>	Päckchen
<i>PÜ</i>	Prozentuale Übereinstimmung
<i>g</i>	Gramm
<i>unv.</i>	unverständlich
<i>V</i>	Proband_in
<i>VA</i>	Versuchsansatz
<i>vgl.</i>	vergleiche
<i>VW</i>	Vorwissen

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1. <i>Konzeption des Projekts – Berücksichtigung theoretischer Grundlagen</i>	5
Abbildung 2. <i>Komplexes Problemlösen als Interaktion zwischen Problemlöser_in, Aufgabe und Kontext (Frensch & Funke, 1995, S. 22)</i>	10
Abbildung 3. <i>Struktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung</i>	15
Abbildung 4. <i>Idealtypischer Experimentierprozess (Gott & Murphy, 1987, S. 24)</i>	21
Abbildung 5. <i>„Activity Model“ für den Prozess wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Harwood, 2004, S. 1)</i>	22
Abbildung 6. <i>Modell naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse (Park, Jang & Kim, 2009, S. 127)</i> ..	23
Abbildung 7. <i>Übergeordnete Komponenten des SDDS-Modells (Klahr, 2000a, S. 31)</i>	26
Abbildung 8. <i>Ableitung der Teilkompetenzen wissenschaftlichen Denkens aus Prozeduren des Problemlöseprozesses (Grube, 2010, S. 21)</i>	28
Abbildung 9. <i>Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken, Scientific Reasoning (Mayer, 2007, S. 181)</i>	29
Abbildung 10. <i>Auszug aus dem Strukturmodell zum Experimentieren (Kambach et al., in Vorbereitung; 2013)</i>	31
Abbildung 12. <i>Komponenten von Performance Assessments (in Anlehnung an Ruiz-Primo & Shavelson, 1996, S. 1047)</i>	40
Abbildung 14. <i>Kategoriale Übersicht zum Beurteilungsinstrument der „Durchführung“ (Meier, 2016, S. 177)</i>	45
Abbildung 15. <i>Formale, non-formale und informelle Bildungsorte und Modalitäten bei Kindern und Jugendlichen (Rauschenbach, 2004, S. 31)</i>	46
Abbildung 16. <i>Determinanten und Konsequenzen der professionellen Kompetenz in Bezug auf die vorliegende Studie, verändert nach Kunter (2011)</i>	47
Abbildung 17. <i>Piktogramme für idealtypische Verläufe der Prozessmuster (Arndt, 2016, S. 71)</i>	50
Abbildung 18. <i>Verteilung der analysierten Experimentierprozesse auf die vier unterschiedlichen Prozessmuster (Arndt, 2016, S. 74), N=21</i>	51
Abbildung 19. <i>Linearer Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (verändert nach Park et al., 2009)</i>	52
Abbildung 20. <i>Zyklischer Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (verändert nach Park et al., 2009)</i>	52
Abbildung 21. <i>Multizyklischer Prozess der Erkenntnisgewinnung (verändert nach Park et al., 2009)</i> ..	52
Abbildung 22. <i>Nicht-linearer Prozess der Erkenntnisgewinnung (verändert nach Park et al., 2009)</i> ..	53
Abbildung 23. <i>Kombinierte Prozessform der Erkenntnisgewinnung (verändert nach Park et al., 2009)</i>	53
Abbildung 24. <i>Konzeption des Projekts – Fokus der Studie</i>	67
Abbildung 25. <i>Konzeption des Projektes – Methodische Entscheidungen und theoriegeleitete Entwicklung der Instrumente</i>	75
Abbildung 26. <i>Inhaltsanalytische Gütekriterien nach Krippendorff (Krippendorff, 1980, 2012)</i>	78

Abbildung 27. Überblick über Erhebungsinstrumente und -methoden, daraus resultierende Datenquellen und entsprechend erfasste Kompetenzaspekte.	92
Abbildung 28. Einzelbilder des Videos, welches das Phänomen bzw. Problem präsentiert.	94
Abbildung 29. Bilder der Experimentierumgebung mit verschiedenen Substraten und technischen Geräten (links), Labormaterialien (mitte) sowie den Schreibutensilien (rechts).	95
Abbildung 30. Ausschnitt aus den Sachinformationen zur Hefegärung.	95
Abbildung 31. Setting der Erhebungssituation mit Position der beteiligten Personen (1, 2), der Experimentierumgebung (3-6) und der Kameras (7).	99
Abbildung 32. Auszug aus einem Transkript (V1 Transkript, Abs. 453-456).	101
Abbildung 33. Aufbauskitze für die Experimentalbauten der des Proband_in V8.	102
Abbildung 34. Ablaufmodell der strukturierenden Inhaltsanalyse (allgemein) verändert nach Mayring (2003, S. 84).	103
Abbildung 35. Überführung des Strukturmodells zum Experimentieren in ein Kategoriensystem.	104
Abbildung 36. Ausschnitt aus der Analysesoftware MAXQDA12 (V9 Transkript, Abs. 239-244).	108
Abbildung 37. Ausschnitt aus der Analysesoftware MAXQDA12 (V9 Video, 00:36:00 – 00:36:40). ...	109
Abbildung 38. Ausschnitt eines Protokolls aus der Analysesoftware MAXQDA12 (Proband_in V9)...	109
Abbildung 39. Ausschnitt einer Aufbauskitze aus der Analysesoftware MAXQDA12 (Proband_in V9).	110
Abbildung 40. Prozess der Überarbeitung des Kodiermanuals zum Experimentierprozess.	111
Abbildung 41. Zirkuläre Vorgehensweise bei der Überarbeitung und Weiterentwicklung des Kodiermanuals.	112
Abbildung 42. Ausschnitt aus der Liste der Codes zu den drei Kodierprozessen 1. Experimentierprozess, 2. Abfolge der Experimente und 3. Niveaustufen.	115
Abbildung 43. Analyseebenen der Experimentierprozesse.	116
Abbildung 44. Ausschnitt einer Codeline zur Struktur der durchgeführten Experimente a) auf Ebene der Experimente und b) auf Ebene der Versuchsansätze.	117
Abbildung 45. Beispielhafte Codeline eines Experimentierprozesses, bezogen auf die Anzahl kodierter Einheiten des Transkriptes (T) und des Videos (V).	118
Abbildung 46. Beispielhaftes Piktogramm für einen Experimentierprozess in Anlehnung an Arndt (2016).	119
Abbildung 47. Ausschnitt aus einem Prozessmuster auf Ebene der Aspekte.	120
Abbildung 48. Darstellung von Prozessänderungen in einem Experimentierprozess (Proband_in V6).	121
Abbildung 49. Vernetzungsmuster mit Anzahl kodierter Einheiten der Phasen, Vernetzung der Phasen sowie Häufigkeit der Phasenwechsel in einem beispielhaften Experimentierprozess.	122
Abbildung 50. Beispielhafte Darstellung der Vernetzung der Aspekte sowie der Häufigkeit der Wechsel zwischen den Aspekten der Planung und Durchführung in einem Experimentierprozess.	123
Abbildung 51. Beurteiler-Übereinstimmung der Lauten Denken Protokolle nach Cohens Kappa (Wirtz & Caspar, 2002).	128
Abbildung 52. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Kategorien im Kategoriensystem (N=18.888).	130

Abbildung 53. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten aller Proband_innen auf Ebene der Kategorien (N=18.888).	131
Abbildung 54. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Teilkategorien der (a) Durchführung (N=6147) und der (b) Auswertung (N=792).	132
Abbildung 55. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Teilkategorien der prozessübergreifenden Kategorie (N=4732).	133
Abbildung 56. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Codes der Teilkategorie „recherchiert“ (N=1488).	133
Abbildung 57. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Codes der Teilkategorie „Umgang mit Fehlern/Problemen“ (N=1182).	134
Abbildung 58. Anzahl der Codes je Kategorie in Bezug auf die Anzahl kodierter Einheiten (N=96)...	135
Abbildung 59. Codeline des Experimentierprozesses von V5 inklusive kodierter Einheiten des Transkriptes (T) und des Videos (V).	137
Abbildung 60. Phasenwechsel im Experimentierprozess der_des Proband_in V4.	138
Abbildung 61. Zeitliche Abfolge der drei Experimente innerhalb des Experimentierprozesses von V6.	138
Abbildung 62. Experimentwechsel im Experimentierprozess der_des Proband_in V4.	139
Abbildung 63. Phasen- und Experimentwechsel im Experimentierprozess von V1.	140
Abbildung 64. Piktogramm des Experimentierprozesses von V11 in Anlehnung an Arndt (2016).....	140
Abbildung 65. Ausschnitt der Analyse der einzelnen Experimente auf Ebene der Aspekte.....	141
Abbildung 66. Detailliertes Prozessmuster des Experimentierprozesses von V9 auf Ebene der Aspekte.	142
Abbildung 67. Anzahl kodierter Einheiten und Vernetzung der Phasen sowie Häufigkeit der Phasenwechsel aller Experimentierprozesse (N=11).	146
Abbildung 68. Vernetzungsmuster des Experimentierprozesses von a) V2 mit ausgeprägter Durchführungsphase und b) V6 mit ausgeprägter Planungsphase.....	147
Abbildung 69. Vernetzungsmuster des Experimentierprozesses von a) V9 mit 16 Vernetzungen und b) V10 mit drei Vernetzungen.....	147
Abbildung 70. Vernetzung der Aspekte in der Planung und Durchführung aller Experimentierprozesse (N=11).	150
Abbildung 71. Anzahl und prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten der Niveaustufen je Experimentierphase (N=473).	151
Abbildung 72. Anzahl und prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten je Niveaustufe in der Kategorie Planung (N=116).	152
Abbildung 73. Aufbauskitze des 1. Experiments von V2 (V2 Aufbauskitze: 1: 61 218 - 1: 413 763).	153
Abbildung 74. Summe und prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten je Niveaustufe in der Kategorie Durchführung (N=162).	153
Abbildung 75. Summe und relative Häufigkeiten der kodierten Einheiten je Niveaustufe in der Kategorie Auswertung (N=108).	154
Abbildung 76. Anzahl und Verteilung der kodierten Einheiten der Niveaustufen 1 bis 3 (N=354) auf Ebene der Experimentierprozesse (N=26).	155
Abbildung 77. Prozessstruktur des Experimentierprozesses von V1.	157

Abbildung 78. Anzahl der Nennungen zur Quelle des Vorwissens zu Hefegärung und zum Experimentieren (N=40). 157

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1. <i>Prozeduren und Dimensionalität von Problemlöseprozessen (Wirth & Klieme, 2003, S. 330-331).</i>	13
Tabelle 2. <i>Verknüpfung der Dimensionen des Problemlösens mit dem dieser Arbeit zugrundeliegenden Kompetenzbegriff.</i>	14
Tabelle 3. <i>Unterschiede in den kognitiven Prozessen realer wissenschaftlicher Erkenntnisprozesse in der Forschung (Authentic Inquiry) und häufig im Unterricht eingesetzter Schulexperimente (Simple Experiments), nach Chinn & Malhotra (2002a, S. 180-181).</i>	18
Tabelle 4. <i>Klassifizierung von Unterrichtsansätzen zum Experimentieren in Anlehnung an Gyllenpalm et al. (2010a), Wenning (2007) sowie NRC (2000).</i>	19
Tabelle 5. <i>Dimensionen des offenen Experimentierens und deren Graduierung (Kirchner et al., 2010, S. 325).</i>	19
Tabelle 6. <i>Zusammenführung von Dimensionen der Problemlöseforschung, der Kompetenzforschung sowie der in dieser Arbeit modellierten Experimentierkompetenz.</i>	34
Tabelle 7. <i>Kompetenzniveaus der vier Teilkompetenzen wissenschaftlichen Denkens (Grube, 2010, S. 37).</i>	36
Tabelle 8. <i>Kriterien für die Klassifizierung von Performance Assessments sowie deren Ausprägung (Range).</i>	41
Tabelle 9. <i>Kompetenzaspekte und Anforderungen der Teilkompetenz Hypothese nach Arnold et al. (2012, S. 12).</i>	44
Tabelle 10. <i>Codierschema zur „Planung“ (Arnold et al., 2012, S. 15).</i>	44
Tabelle 11. <i>Typen von Handlungsverläufen (prozessorientiert, explorativ und prozessüberlappend) und deren Merkmalsausprägungen (Meier, 2016, S. 165).</i>	51
Tabelle 12. <i>Aspekte zur Sicherstellung der Transparenz und Nachvollziehbarkeit in der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an Helsper et al. (2016), Mayring (2010) sowie Steinke (1999, 2007).</i>	80
Tabelle 13. <i>Festgelegte Grenzwerte für die Güte von Kappa-Werten in Anlehnung an Fleiss und Cohen (1973), Landis und Koch (1977) und Wirtz und Caspar (2002).</i>	82
Tabelle 14. <i>Mögliche Untersuchungsperspektiven der Experimentierumgebung verändert nach Arndt (2016).</i>	96
Tabelle 15. <i>Überblick über die Proband_innen (V1-V11) bezüglich des Studiengangs, der Fächerkombination und des Studienfortschritts.</i>	98
Tabelle 16. <i>Verteilung der Proband_innen (V1-V11) in Bezug auf die Merkmale für die Stichprobenauswahl.</i>	98
Tabelle 17. <i>Auszug aus dem Kodiermanual zur Prozessstruktur für die verbalen Protokolle.</i>	105
Tabelle 18. <i>Niedrig, mittel und hoch inferente Beobachtungssysteme (Lotz et al., 2013b, S. 84).</i>	106
Tabelle 19. <i>Auszug aus dem Kodiermanual.</i>	112
Tabelle 20. <i>Auszug aus dem Kodiermanual zu den Niveaustufen am Beispiel der Phase Frage/Ziel in Anlehnung an Grube (2010).</i>	114
Tabelle 21. <i>Bewertung des Vernetzungsgrades.</i>	122
Tabelle 22. <i>Berechnung eines Medianwertes auf Ebene der Kategorien am Beispiel der Planungsphase.</i>	124

Tabelle 23. <i>Beispielhafte Berechnung eines Medianwertes auf Ebene der Experimente.</i>	124
Tabelle 24. <i>Beispielhafte Berechnung eines Medianwertes auf Ebene des Experimentierprozesses.</i>	125
Tabelle 25. <i>Übersicht über die in die Analyse eingegangenen Datenquellen (Transkripte, Videos, Laborprotokolle und Aufbauskizzen) sowie die Anzahl der ausgeführten Experimente.</i>	127
Tabelle 26. <i>Überblick über die Beurteiler-Übereinstimmung.</i>	129
Tabelle 27. <i>Anzahl der kodierten Einheiten (Transkripte und Videos) in der Kategorie Sonstiges (N=5125) sowie deren prozentualer Anteil an der Gesamtheit aller kodierten Einheiten (N=18.888).</i>	134
Tabelle 28. <i>Verteilung der Proband_innen auf die Prozessmuster nach Arndt (2016).</i>	141
Tabelle 29. <i>Verteilung der durchgeführten Experimente auf die vier Prozessmuster nach Arndt (2016).</i>	143
Tabelle 30. <i>Anzahl und Auslöser der Prozessänderungen je Proband_in.</i>	144
Tabelle 31. <i>Zuordnung der durchgeführten Experimente zu Prozessmustern nach Park et al. (2009).</i>	145
Tabelle 32. <i>Bewertung des Vernetzungsgrades der Proband_innen auf Grundlage der Anzahl der Vernetzungen.</i>	148
Tabelle 33. <i>Summe der vorwärts und rückwärts gerichteten Phasenwechsel aller Experimentierprozesse (N=11).</i>	149
Tabelle 34. <i>Niveaustufen bezogen auf die durchgeführten Experimente und der Experimentierprozesse.</i>	156
Tabelle 35. <i>Vergleich der institutionellen und der wahrgenommenen Lerngelegenheiten.</i>	159
Tabelle 36. <i>Überblick über die Proband_innen (Fachkombination, Studienfortschritt, Prozessmuster, Niveaustufe des Experimentierprozesses sowie formale, non-formale und informelle Lerngelegenheiten), sortiert nach Niveaustufe.</i>	161

ZUSAMMENFASSUNG

In Zeiten, in denen die Komplexität gesellschaftlicher, politischer, wirtschaftlicher und technologischer Probleme zunehmend steigt, ist der Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung für die persönliche Meinungsbildung von zentraler Bedeutung (Bybee, 2002). Hierzu gehört das Erlernen von naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden wie dem Experimentieren (z. B. Gropengießer, Harms & Kattmann, 2013; Klautke, 1997). Das kontrollierte Experiment ist eine Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und dient der Untersuchung kausaler Zusammenhänge (z. B. Nachtigall, 1975).

Die theoretische Grundlage dieser Arbeit bildet das Konstrukt naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Mayer, 2007) für die Modellierung von Experimentierkompetenzen. Dieses wird aus kognitionspsychologischer Perspektive als Problemlöseprozess beschrieben, welcher die drei Merkmale Problemlöser_in, Kontext und Aufgabe sowie deren Zusammenspiel beschreibt (Frensch & Funke, 1995). Problemlöseprozesse sind kognitiv, prozessorientiert, gerichtet und personenbezogen (Baker & Mayer, 1999) und eignen sich aufgrund dieser Merkmale besonders für die theoriebezogene Modellierung von Experimentierkompetenzen.

Ein geeignetes Strukturmodell für die differenzierte Analyse von Experimentierprozessen stellt im Rahmen dieser Arbeit das *Strukturmodell zum Experimentieren* dar, welches aufbauend auf bereits bestehenden Modellen entwickelt wurde (Kambach, Arndt, Tiemann & Upmeyer zu Belzen, in Vorbereitung; Kambach, Patzwaldt, Tiemann & Upmeyer zu Belzen, 2013). Es beschreibt den Experimentierprozess in sieben Phasen: *Phänomen/Problem, Frage/Ziel, Hypothese, Planung, Durchführung, Auswertung* sowie *Kommunikation/Anwendung*. Niveaumodelle für die Beurteilung der Qualität von Experimentierprozessen wurden bisher vorwiegend im Zusammenhang mit *Large Scale Verfahren* eingesetzt und berücksichtigen folglich nicht den Aspekt der praktischen *Durchführung*.

Bezüglich der Frage nach Prozessstrukturen von Experimenten liegen Untersuchungen vor, welche unterschiedliche Prozessmuster oder Experimentiertypen wie zum Beispiel das lineare oder das zyklische Muster beschreiben (Arndt, 2016; Park, Jang & Kim, 2009). Erkenntnisse zu experimentierspezifischen Kompetenzen zeigen, dass Lernende über unterschiedliche Vorstellungen bezüglich des Experimentierens verfügen, welche sich entsprechend in unterschiedlichen Vorgehensweisen zeigen, die mehr oder weniger stark von der Vorgehensweise in realer wissenschaftlicher Forschung abweichen (Hackling & Garnett, 1993b). Diese unterschiedlichen Vorgehensweisen zeigen sich gleichermaßen bei Schüler_innen (Grube, 2010), Lehrer_innen (Jonas, 1994) und Studierenden (Danipog, 2015). Studien zur Qualität von praktisch durchgeführten Experimenten von Lehramtsstudierenden sind weiterhin ein Desiderat.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine differenzierte Erfassung und Analyse von Experimentierprozessen Lehramtsstudierender der Biologie. In diesem Zusammenhang wird den Fragen nachgegangen, inwiefern individuelle Prozessstrukturen beobachtet werden und inwiefern sich prozessbezogene Niveaustufen zeigen.

Die Stichprobe besteht aus elf Studierenden des *Master of Education* im Fach Biologie. Für die Initiierung von Experimentierprozessen wurden die Studierenden aufgefordert ein Experiment zum Kontext Hefegärung praktisch auszuführen und ihre Gedanken während des Prozesses laut zu äußern. In einem *Multi Method Design* wurden die Experimentierprozesse mithilfe der Videographie und der Methode des Lauten Denkens sowie unter Berücksichtigung von Laborprotokollen und Skizzen der Experimentalaufbauten analysiert.

Als ein grundlegendes Ergebnis zeigt sich, dass sich die Experimentierprozesse den in der Literatur beschriebenen Prozessmustern zuordnen lassen. Die meisten Experimentierprozesse in der vorliegenden Studie folgen jedoch nicht, wie in idealisierten Modellen angenommen, einem linearen Prozessverlauf, in dem die Experimentierphasen geradlinig nacheinander verlaufen; vielmehr weisen sie wie auch in den Studien von Park et al. (2009), Meier (2016) oder Arndt (2016) wiederholte Wechsel zwischen den Phasen und auch zwischen mehreren Experimenten auf. Insbesondere die Phase der *Durchführung*, welche häufig über einen großen Teil des Prozesses andauert, nimmt hier eine zentrale Stellung ein. Zudem weisen viele Experimentierprozesse Änderungen im Prozessverlauf auf, welche vorwiegend durch Fehler oder Probleme im Umgang mit Geräten und Materialien ausgelöst werden. Die Ergebnisse zeigen zudem, dass die Vernetzung der Experimentierphasen unterschiedlich stark ist. Basierend auf diesen quantitativen Analysen können die Experimentierprozesse einem geringen, einem mäßigen oder einem starken Vernetzungsgrad zugeordnet werden.

Die Analyse der prozessbezogenen Niveaustufen zeigt, dass diese heterogen sind und Ausprägungen über alle Niveaustufen hinweg aufweisen. Das Niveau der einzelnen Experimente in einem Experimentierprozess ist nicht immer einheitlich und auch innerhalb eines Experiments schwankt das Niveau der einzelnen Phasen in einigen Experimentierprozessen.

Eine zentrale Erkenntnis der Studie ist, dass die Ergebnisse auf einen positiven Zusammenhang zwischen dem Grad der Vernetzung der Experimentierphasen und der Qualität eines Experimentierprozesses hinweisen. Zudem deuten die Ergebnisse auf einen positiven Einfluss von Erfahrungen im beruflichen Kontext auf die Qualität des Experimentierprozesses hin.

Aus den Ergebnissen der Arbeit werden Hinweise zur Gestaltung von Unterricht und universitärer Lehre wie beispielsweise die Entwicklung von Experimentierumgebungen und die Vernetzung von Experimentierphasen gegeben. Zudem werden Implikationen für die fachdidaktische Forschung wie die Anpassung von Strukturmodellen an die Individualität von Prozessverläufen abgeleitet.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie werfen neue Fragen auf, welche in weiteren Arbeiten aufgegriffen werden sollten, um umfassendere Erkenntnisse zu Experimentierprozessen und entsprechenden Kompetenzen zu erhalten. Hier sollte beispielsweise der Frage nachgegangen werden, welche Rolle die Vernetzung von Experimentierphasen im Prozessverlauf genau spielt und welche Zusammenhänge zwischen dem Grad der Vernetzung und weiteren Personen-, Aufgaben- oder Problemmerkmalen bestehen.

1 EINLEITUNG

Als Grundlage für die persönliche Meinungsbildung soll naturwissenschaftliche Bildung über das Unterrichten von Inhalten hinaus Lernende dazu befähigen, wissenschaftlich zu denken und zu arbeiten (z. B. Bybee, 2000; Roberts, 2001). Ziel ist es, Menschen zu ermöglichen, selbstbestimmt am gesellschaftlichen Leben teilzunehmen, „*die unterschiedlichen Dimensionen des Handelns – moralische, kognitive, soziale und individuelle – in ihrer je eigenen Bedeutung zu sehen und [zu] nutzen sowie das eigene Handeln an einem allgemeinen Gesetz ausrichten zu können*“ (Klieme et al., 2007a, S. 66). Die Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung (*Scientific Inquiry*) stellen damit ein wichtiges Bildungsziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts dar, sowohl national als auch international (z. B. DfES & QCA, 2004; ECC, 2004; KMK, 2005a; NRC, 1996). Neben dem Beobachten und Vergleichen sowie der Modellbildung wird dem Experimentieren hierbei eine besondere Bedeutung zugesprochen (z. B. Gropengießer et al., 2013; Spörhase-Eichmann, 2004; Wellnitz & Mayer, 2012).

In der Biologie ist das Experiment eine der zentralen Erkenntnismethoden und dient der Untersuchung kausaler Zusammenhänge zwischen Phänomenen (z. B. Nachtigall, 1975). Im Unterricht nimmt das Experiment als Unterrichtsmethode eine zentrale Stellung bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Kompetenzen ein (Klautke, 1990; KMK, 2005a; Wellnitz & Mayer, 2012). Damit einher geht ein Paradigmenwechsel, bei dem das lange Zeit vorherrschende „Kochbuchexperiment“, bei dem naturwissenschaftliche Prozesse rezeptartig nachgeahmt werden, verstärkt in die Kritik geraten ist (z. B. Chinn & Malhotra, 2002a; Hodson, 1993; Lunetta, Hofstein & Clough, 2007; Wenning, 2005). Inzwischen sollen Schüler_innen aktiv in naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse involviert werden und dabei entsprechende Kompetenzen entwickeln (z. B. Lunetta & Tamir, 1979; Roberts, 2001).

Experimentierkompetenz umfasst in Anlehnung an Klieme und Leutner (2006) sowie Hülsmann und Müller-Martini (2006) das Wissen über den Experimentierprozess als kognitive Voraussetzung (kognitiver Aspekt) sowie dessen Umsetzung, folglich die Bedingungen zur erfolgreichen Anwendung des Wissens (handlungsbezogener Aspekt).

Die Prozessstruktur von Experimenten wird in der fachdidaktischen Forschung unterschiedlich modelliert. Vielfach wird dieser Prozess als ein idealtypischer Zyklus der Erkenntnisgewinnung dargestellt, bestehend aus mehreren Phasen wie zum Beispiel *Frage, Hypothese, Planung, Durchführung* und *Auswertung* (z. B. Gott & Murphy, 1987). Diese idealisierte Darstellung wird jedoch zunehmend hinterfragt (z. B. Bauer, 1994; Giunta, 2001; Gyllenpalm & Wickman, 2011b; Harwood, 2004; Lederman, 1998; McComas, 1996). Es werden alternative Modelle vorgeschlagen, welche die nicht-linearen Aspekte im Erkenntnisprozess stärker fokussieren (Harwood, 2004; Park et al., 2009).

Trotz der zentralen Stellung des Experiments bei der Entwicklung einer umfassenden naturwissenschaftlichen Bildung zeigen viele Studien auf, dass Schüler_innen sowohl im Wissen und Verständnis zum Experiment als auch in den Fähigkeiten und Fertigkeiten bei der Durchführung von Experimenten Schwierigkeiten haben (z. B. Grube, 2010; Hammann, Phan & Bayrhuber, 2006; Hammann, Phan, Ehmer & Grimm, 2008b). Dieser Befund lenkt den Blick auf die Kompetenzen von Lehrkräften. So sind

1 Einleitung

Lehrer_innen, die wissenschaftliche Untersuchungen selbst sicher durchführen, auch in der Lage, diese Fähigkeiten wirksam an ihre Schüler_innen weiterzugeben (Downing & Filer, 1999; Watson & Kramer, 1995). Weitere Studien zeigen jedoch, dass viele Lehrer_innen über naive Vorstellungen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung verfügen (Günther, 2006; Gyllenpalm, Wickman & Holmgren, 2010a; Gyllenpalm, Wickman & Holmgren, 2010b) und infolgedessen Schwierigkeiten bei der Planung und Durchführung von Unterricht zur Vermittlung entsprechender Kompetenzen zeigen (García-Carmona, Criado & Cruz-Guzmán, 2016).

Zwar wird bereits bezogen auf die erste Phase der Lehrerbildung gefordert, dass Studienabsolvent_innen über Kenntnisse und Fertigkeiten im hypothesengeleiteten Experimentieren verfügen sollen (KMK, 2015), jedoch zeigt sich, dass die Vorstellungen und das Wissen zum Experimentieren wie auch das Verständnis über wissenschaftstheoretische Grundlagen der Naturwissenschaften oft nicht adäquat ausgebildet sind (Aguirre, Haggerty & Linder, 1990; Gyllenpalm & Wickman, 2011b; Seung, Choi & Pestel, 2016).

Die Erhebung dieser Kompetenzen erfolgte bisher überwiegend mithilfe von *Large Scale Verfahren* wie zum Beispiel *Paper Pencil Tests* (Kambach et al., in Vorbereitung). Allerdings erfassen diese Verfahren vorwiegend kognitive Fähigkeiten, während die handlungsbezogenen Fertigkeiten des Experimentierens nur unzureichend abgebildet werden (z. B. Emden, 2011; Hammann et al., 2008b; Schreiber, 2012; Shavelson, Ruiz-Primo & Wiley, 1999; Stecher et al., 2000). Des Weiteren widmen sich bisher nur wenige Studien der Frage, inwiefern der idealtypische Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung beim Experimentieren tatsächlich in dieser oder in anderen Formen durchlaufen wird (z. B. Seite 49ff.). Einige Arbeiten weisen darauf hin, dass neben der idealtypischen, linearen Vorgehensweise auch nicht-lineare Prozessmuster auftreten (Arndt, 2016; Klahr, 2000b; Meier, 2016; Park et al., 2009). Studien zur Qualität von Experimentierprozessen untersuchen insbesondere die Kompetenzen von Proband_innen in den einzelnen Experimentierphasen innerhalb des idealtypischen Verlaufs (z. B. Arnold, Kremer & Mayer, 2012; Hammann et al., 2008b; Schreiber, 2012). Die Prozessmuster und die Qualität von Experimentierprozessen wurden bisher nicht zusammenhängend untersucht. Anhand vorliegender Ergebnisse zu beschriebenen Prozessmustern ist dementsprechend unklar, inwiefern bestimmte Muster erfolgreicher sind als andere in Bezug auf den Erwerb von Experimentierkompetenzen.

Insgesamt zeigt sich zwar, dass die Lehrerbildung zunehmend zum Inhalt von Forschung wird (z. B. Dittmer, 2010; Hartmann et al., 2015a; Koch-Priewe, Köker, Seifried & Wuttke, 2015), allerdings lag der Fokus bisher weder auf der Erfassung handlungsbezogener Fertigkeiten, noch wurde überprüft, inwiefern der idealtypische Prozess der Erkenntnisgewinnung tatsächlich durchlaufen wird.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die prozessbezogenen Experimentierkompetenzen (kognitive und handlungsbezogene Aspekte) von Lehramtsstudierenden im Fach Biologie fallsbasiert zu beschreiben und individuelle Prozessmuster sowie prozessbezogene Niveaustufen fallbasiert zu analysieren.

Es wird erwartet, dass aufgrund der Offenheit der Experimentierumgebung für unterschiedliche Vorgehensweisen, neben linearen Prozessmustern vermehrt nicht-lineare Prozessmuster beobachtet

werden. Im Zusammenhang mit dem Auftreten unterschiedlicher Vorgehensweisen und den vorliegenden Ergebnissen zu Experimentierkompetenzen Studierender wird zudem vermutet, dass sich die Ausprägung der Niveaustufen innerhalb der Experimentierprozesse ebenfalls unterscheidet.

Die vorliegende Arbeit liefert wichtige Erkenntnisse zu den Experimentierprozessen Lehramtsstudierender der Biologie in Bezug auf unterschiedliche Prozessmuster sowie prozessbezogene Niveaustufen. Die Ergebnisse weisen auf bestehende Stärken und Schwierigkeiten Lehramtsstudierender beim Experimentieren hin. Auf dieser Basis können Konzepte für eine gezielte Förderung von Experimentierkompetenzen im Lehramtsstudium konzipiert werden, um die Lehrerbildung im Fach Biologie sowie die Gestaltung von Biologieunterricht weiterzuentwickeln und zu professionalisieren.

1 Einleitung

2 THEORIE

2.1 Forschungshintergrund

Die Diagnose und gezielte Förderung von Experimentierkompetenzen erfordert ein entsprechendes Kompetenzmodell, welches sowohl kognitive als auch handlungsbezogene Aspekte umfasst und demzufolge Kompetenzen beschreibt, die in den unterschiedlichen Phasen des Experiments erforderlich sind (Kapitel 2.1.5, Seite 37ff.). Wesentliche theoretische Grundlagen dieser Arbeit sind damit der Begriff der Kompetenz sowie der Ansatz des kompetenzorientierten Unterrichts in Anlehnung an Klieme und Leutner (2006) sowie Hülsmann und Müller-Martini (2006). In diesem Zusammenhang werden, wie in Abbildung 1 dargestellt, zwei Ebenen unterschieden: das theoretische Konstrukt der zu erwerbenden Kompetenz sowie die Performanz, über die das latente Konstrukt erfasst werden kann. Das Konstrukt umfasst theoretische Eigenschaftsdimensionen; Experimentierkompetenz ist daher nicht direkt sichtbar und wird dementsprechend als eine latente Variable bezeichnet. Die Performanz umfasst das beobachtbare Verhalten und wird demzufolge als manifeste Variable bezeichnet. Für die empirische Erfassung und Beschreibung des Konstrukts Experimentierkompetenz, d. h. der individuellen Prozessstrukturen sowie prozessbezogenen Niveaustufen, wird auf die Performanz zurückgegriffen, welche mithilfe einer realen Experimentierumgebung in einer Testsituation erhoben wird.

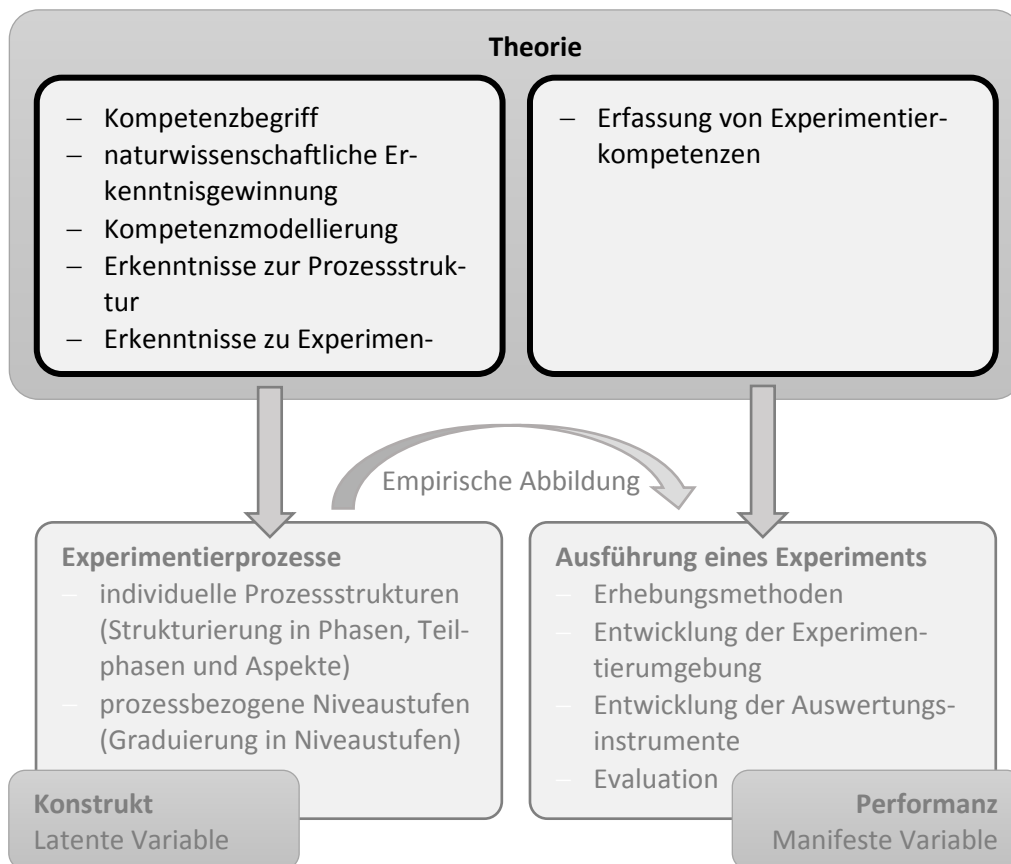


Abbildung 1. Konzeption des Projekts – Berücksichtigung theoretischer Grundlagen.

Der Kompetenzbegriff (Kapitel 2.1.1, Seite 6ff.) ist eine wesentliche Grundlage für die Modellierung von Experimentierkompetenzen. Die Beschreibung des Konstrukts Experimentierkompetenz erfolgt auf der Basis theoretischer Grundlagen zum Experiment (Kapitel 2.1.3, Seite 9ff.) sowie zur Modellierung von Experimentierkompetenzen (Kapitel 2.1.4, Seite 24ff.) einerseits und zu empirischen Untersuchungen von Prozessstrukturen (Kapitel 2.2.1, Seite 49ff.) sowie von Experimentierkompetenzen (Kapitel 2.2.2, Seite 53ff.) andererseits.

Auf Ebene der Performanz bilden theoretische Grundlagen zur Erfassung von Experimentierkompetenzen (Kapitel 2.1.5, Seite 37ff.) die Basis für die Entwicklung der Experimentierumgebung und der Auswertungsinstrumente sowie für deren Evaluation.

2.1.1 Kompetenzbegriff

Eine zentrale Aufgabe von Bildung und Ausbildung ist die Vorbereitung der Absolvent_innen auf die zukünftigen Anforderungen im Beruf oder in weiterführenden Bildungseinrichtungen. Die Untersuchung, inwiefern diese Ziele erreicht werden, ist ein Ziel der empirischen Bildungsforschung. Im Zuge dieser Diskussionen über die Ergebnisse und den Erfolg von Bildung und Ausbildung hat sich der Begriff der *Kompetenz* zunächst in der Weiterbildung und der beruflichen Bildung, später auch in der Schulbildung und der Hochschulbildung etabliert (Klieme & Leutner, 2006). Mit der Etablierung des Kompetenzbegriffs rückten auch komplexe Anforderungen wie zum Beispiel die Planung und Auswertung von naturwissenschaftlichen Experimenten in den Fokus. Die Messung von Kompetenzen ist dabei von zentraler Bedeutung für die Optimierung von Bildungsprozessen einerseits und die Weiterentwicklung des Bildungswesens andererseits (ebd.). Die Kompetenzforschung befasst sich in diesem Zusammenhang mit vier Schlüsselbereichen: 1. Entwicklung von Kompetenzmodellen, 2. Entwicklung psychometrischer Modelle, 3. Entwicklung von Messverfahren und -instrumenten sowie 4. Interpretation und Nutzung der Ergebnisse von Kompetenzmessungen (Klieme & Leutner, 2006; Koeppen, Hartig, Klieme & Leutner, 2008).

Eine klare inhaltliche Definition des Kompetenzbegriffs bildet die Grundlage für dessen Operationalisierung und die Entwicklung von Methoden und Instrumenten für dessen Messung (Hartig, 2008). Der Kompetenzbegriff wird in den unterschiedlichen Fächern und Teildisziplinen der Bildungswissenschaften jedoch unterschiedlich, teilweise sich widersprechend, verwendet und definiert (Hartig, 2008; Klieme, Maag-Merki & Hartig, 2007b). Eine systematische Aufbereitung der vielfältigen Bedeutungen des Kompetenzbegriffs wurde von Weinert (1999, 2001a) vorgenommen. Ein Grund für diese Vielfältigkeit ist die Komplexität menschlichen Denkens, Handelns und Empfindens, welche im allgemeinen Sprachgebrauch dem Begriff der Kompetenz zugerechnet wird und eine scharfe Operationalisierung erschwert. Beispielsweise werden hier Aspekte wie Fähigkeit, Wissen, Verstehen, Können, Handeln, Erfahrungen und Motivation genannt (Klieme et al., 2007a). Zudem wird der Kompetenzbegriff in verschiedenen Fachdisziplinen und Forschungsbereichen, wie zum Beispiel der Politik, der Bildung und der Bildungsforschung, unterschiedlich definiert, was seine Übertragbarkeit erschwert. Umfangreiche Übersichten über Entwicklung und unterschiedliche Anwendungsbereiche des Kompetenzbegriffs finden sich zum Beispiel in Hartig und Klieme (2007) und Gut-Glanzmann (2012).

Viele fachdidaktische und erziehungswissenschaftliche Forschungszweige beziehen sich auf eine Definition von Weinert (2001a), in der Kompetenzen als *„die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“* (Weinert, 2001a, S. 27-28) definiert werden. Diese sehr weit gefasste Definition ist für eine valide Messung jedoch problematisch, da sie sowohl kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten als auch motivationale, volitionale und soziale Aspekte umfasst. Weinert (2001a) plädiert daher für eine pragmatische Konzentration auf erlernbare, anforderungsspezifische Kompetenzen und für eine Ausklammerung allgemeiner kognitiver Fähigkeiten.

Im Folgenden wird der Kompetenzbegriff skizziert, auf den sich die vorliegende Arbeit stützt. Bei dieser Begriffsdefinition ist vor allem von Interesse, welche Aspekte bezüglich der Diagnostik von Experimentierkompetenzen von Bedeutung sind. Klieme und Leutner (2006) definieren Kompetenzen als *„kontextspezifische kognitive Leistungsdispositionen, die sich funktional auf Situationen und Anforderungen in bestimmten Domänen beziehen“* (ebd., S 879). Diesem Verständnis nach ist Kompetenz eine Disposition, die Personen dazu befähigt, konkrete Anforderungssituationen zu bewältigen und damit bestimmte Arten von Problemen erfolgreich zu lösen (Klieme et al., 2007a).

Der entsprechende Kontext sagt aus, auf welchen Bereich von Situationen und Anforderungen sich ein spezifisches Kompetenzkonstrukt bezieht. Für die konkrete Definition einzelner Kompetenzen kommt dem Begriff des Kontextes daher eine kritische Bedeutung zu (Klieme et al., 2007b). Aufgrund der zentralen Bedeutung fachspezifischer Fähigkeiten und fachspezifischen Wissens sind Kompetenzen in hohem Maße domänenspezifisch (Klieme et al., 2007a). Zudem sind Kompetenzen vermittelbar und können durch Erfahrung und Lernen in relevanten Anforderungssituationen kumulativ erworben sowie durch äußere Interventionen beeinflusst werden (Baumert, Stanat & Demmrich, 2001; Hartig & Klieme, 2006; Klieme & Leutner, 2006; Klieme et al., 2007b; Simonton, 2003). Kompetenzen als kognitive Leistungsdispositionen sind die erlernbaren oder bereits verfügbaren Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen (Weinert, 2001b).

Fähigkeiten und Fertigkeiten werden in der fachdidaktischen Literatur meist gleichbedeutend verwendet und selten weiter ausdifferenziert (Emden, 2011; Labudde, 2003). Eine Unterscheidung zwischen Fähigkeiten und Fertigkeiten wird für die vorliegende Arbeit aus der Psychologie hergeleitet. Hülsmann und Müller-Martini (2006) bezeichnen Fähigkeiten als *„primär psychische Voraussetzungen für erfolgreiche Handlungen“* (ebd., S. 382). In Abgrenzung dazu werden Fertigkeiten als *„primär physische Bedingungen zur erfolgreichen Erbringung spezifischer Leistungen“* gesehen (ebd.). In Anlehnung daran umfasst Experimentierkompetenz auf der einen Seite das Wissen über den Experimentierprozess als kognitive Voraussetzung (kognitive Aspekte) und auf der anderen Seite dessen Umsetzung, also die Bedingungen zur erfolgreichen Anwendung des Wissens (handlungsbezogene Aspekte). In Bezug auf die in Kapitel 2.1.3 (Seite 9) modellierte Definition von Problemlösekompetenz lassen sich die kognitiven Aspekte, die Fähigkeiten, der analytischen Problemlösekompetenz zuordnen, während die handlungsbezogenen Aspekte, die Fertigkeiten, entsprechend der dynamischen Problemlösekompetenz zuzuweisen sind (siehe Tabelle 1, Seite 13).

Definition Experimentierkompetenzen

Experimentierkompetenzen sind kontextspezifische, kognitive Fähigkeiten und handlungsbezogene Fertigkeiten, die sich funktional auf Situationen und Anforderungen in bestimmten Domänen beziehen (Hülsmann & Müller-Martini, 2006; Klieme & Leutner, 2006).

Für die vorliegende Arbeit lassen sich folgende Merkmale der Experimentierkompetenz ableiten:

- Der Begriff der Experimentierkompetenz umfasst kognitive Fähigkeiten und handlungsbezogene Fertigkeiten. Motivationale Orientierungen werden ausgeschlossen (Klieme, Funke, Leutner, Reimann & Wirth, 2001).
- Experimentierkompetenzen sind bereichsspezifisch, d. h., sie beziehen sich auf einen begrenzten Bereich von Kontexten und Situationen (ebd.).
- Die der Experimentierkompetenz zugeschriebenen Fähigkeiten und Fertigkeiten sind ein latentes Konstrukt und damit nicht direkt beobachtbar. Ihnen liegt die Performanz, die Bewältigung einer bestimmten Anforderung, zugrunde, welche als Indikator für die jeweilige Kompetenz dient (Köller, 2008).
- Kompetenzen sind als verallgemeinerbare Dispositionen gedacht, d. h., die Zuschreibung einer Kompetenz geht über einzelne konkrete Leistungen (Performanz) hinaus (Klieme et al., 2001).

2.1.2 Naturwissenschaftliche Grundbildung

Der Umfang des Wissens im Bereich der Naturwissenschaften steigt kontinuierlich an und hat häufig direkte oder indirekte Auswirkungen auf das gesellschaftliche und individuelle Leben (Bybee, Fensham, Laurie & Fensham, 2009; Dubs, 2002; Kremer, 2010; OECD, 2006). Gesellschaftliche, politische, wirtschaftliche oder technologische Probleme werden zunehmend komplexer und stellen zudem Zielkonflikte dar. Für die Lösung solcher Probleme existiert dementsprechend nicht ein richtiger oder ein falscher Lösungsweg, vielmehr sind mehrere Lösungen mit ihren Vor- und Nachteilen möglich. Entscheidungsfindung bedeutet deshalb nicht die Suche nach der absolut richtigen Lösung, sondern das Verstehen von Problemen in ihrer Ganzheit und das Abwägen unterschiedlicher Lösungswege mit ihren Vor- und Nachteilen (Dubs, 2002). Eine Meinungsbildung hinsichtlich derartiger Zielkonflikte verlangt daher nicht mehr nur ein Verständnis der fachlichen Materie (Bernholt, 2010; KMK, 2005a), von zentraler Bedeutung ist darüber hinaus auch das Verständnis, die Naturwissenschaften als einen Weg der Welterschließung anzusehen und ihre spezifischen Perspektiven, Methoden und Erkenntnisräume, aber auch ihre Grenzen zu verstehen und kritisch zu hinterfragen (Baumert, 2002). Auf diesem Weg kann naturwissenschaftliches Wissen sinnvoll in die persönliche Entscheidungsfindung sowie in den gesellschaftlichen Diskurs eingebracht werden (z. B. Bybee, 1997; Hazen, Trefil & Evans, 1992; NRC, 1996; OECD, 2004a; Prenzel et al., 2007; Rutherford & Ahlgren, 1990). Aufgabe von Schule ist es deshalb, den Lernenden ein allgemeines Verständnis für naturwissenschaftliche und technische Zusammenhänge zu vermitteln, um Vorgänge in der Gesellschaft und Wirtschaft sowie die Gestaltung des eigenen Lebens verstehen, interpretieren und beurteilen zu können (Dubs, 2002). Die dafür benötigten

Kompetenzen basieren auf einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (international wird von *Scientific Literacy* gesprochen), welche die Grundlage nationaler und internationaler Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern bildet (z. B. DfES & QCA, 2004; KMK, 2005a; NGSS Lead States, 2013). Die Ziele naturwissenschaftlicher Grundbildung umfassen die folgenden drei Bereiche (z. B. Gyllenpalm & Wickman, 2011b; Hodson, 1993):

- (1) das Erlernen naturwissenschaftlichen Fachwissens (*learning science content*),
- (2) das Erlernen naturwissenschaftlich orientierter Denk- und Arbeitsweisen (*learning to do science*) und
- (3) das Reflektieren über naturwissenschaftliche Denkweisen und Wege der Erkenntnisgewinnung (*learning about science*).

Das Erlernen von Experimentierkompetenzen spiegelt sich insbesondere unter dem Punkt *learning to do science* wider und umfasst damit einen wesentlichen Teil naturwissenschaftlicher Grundbildung.

2.1.3 Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung wird aus kognitionspsychologischer Perspektive (Funke, 2003) als Problemlöseprozess beschrieben (Klahr & Dunbar, 1988; Klahr, 2000a; Simon, 1977). Die Theorie des Problemlösens bietet eine fundierte und empirisch nutzbare Basis für die Erforschung komplexer, kognitiver Prozesse, deren Fokus das Anwenden von Wissen und Prozeduren in unterschiedlichen Situationen ist (Mayer, 2007). Sie eignet sich deshalb besonders für die theoriebezogene Modellierung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (vgl. Kapitel 2.1.4, Seite 24ff.).

Problemlösen

Im Sinne der Problemlöseforschung besteht ein Problem, wenn ein_e Problemlöser_in ein mehr oder weniger gut definiertes Ziel verfolgt, jedoch nicht unmittelbar weiß, wie dieses zu erreichen ist (Hayes, 1985; Jonassen, 2000; Simon & Newell, 1971). Problemlösen bedeutet in diesem Zusammenhang „*zielorientiertes Denken und Handeln in Situationen, für deren Bewältigung keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind*“ (Klieme et al., 2001, S. 185; siehe auch Mayer, 2007). Bezeichnend für den Problemlöseprozess ist die Überwindung der Diskrepanz zwischen Ausgangszustand und angestrebtem Zielzustand mittels logischer Operatoren, die es der_dem Problemlöser_in erlauben, den Anfangszustand über eine Reihe von Zwischenschritten und Teilzielen in den Zielzustand zu transformieren (Funke, 2004; Mayer, 2007; Simon & Glenn, 1974; Strohschneider, 2004). Alle möglichen Problemzustände zwischen Anfangs- und Zielzustand, die bei der Anwendung sämtlicher anwendbaren Operatoren entstehen, werden als „*Problemraum*“ definiert (Hamman, 2007, S. 189). Die Anzahl der alternativen Zwischenzustände und Operatoren hat einen Einfluss auf die Komplexität des Problems. Je mehr davon vorhanden sind, desto anspruchsvoller ist der Problemlöseprozess (Klahr, 2000a).

Merkmale von Problemlöseprozessen

Problemlöseprozesse werden durch vier wesentliche Eigenschaften charakterisiert (Baker & Mayer, 1999):

- (1) Kognitiv – Problemlöseprozesse sind latent (treten in der_dem Problemlöser_in auf) und können nur indirekt aus dem Verhalten der problemlösenden Person geschlossen werden.
- (2) Prozessorientiert – bei Problemlöseprozessen handelt es sich um eine Veränderung oder Transformation von Wissen.
- (3) Gerichtet – mithilfe von Problemlöseprozessen soll ein Ziel erreicht werden, das nicht unmittelbar erreichbar ist.
- (4) Personenbezogen – Problemlöseprozesse hängen von den vorhandenen Kenntnissen und Fähigkeiten der_des Problemlöser_in ab.

Der Prozess des Problemlösens kann als Interaktion zwischen Problemlöser_in, Kontext und Aufgabe modelliert werden (Frensch & Funke, 1995). Abbildung 2 stellt die Interaktionen zwischen diesen Merkmalen modellhaft dar. Es wird davon ausgegangen, dass dementsprechend Personen-, Situations- und Problemmerkmale den Problemlöseprozess beeinflussen und auch für Leistungen im Problemlösen relevant sind (Funke, 2003; Mayer, 2007).

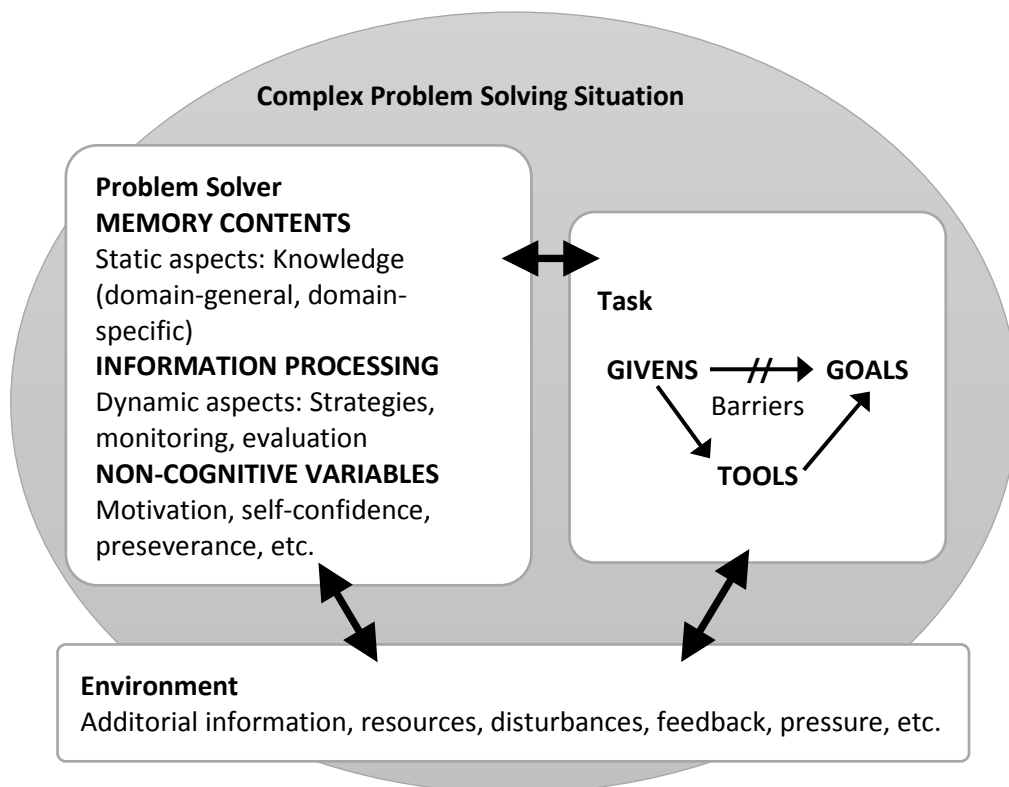


Abbildung 2. Komplexes Problemlösen als Interaktion zwischen Problemlöser_in, Aufgabe und Kontext (Frensch & Funke, 1995, S. 22).

Zu den **Personenmerkmalen (Problem Solver)** zählen kognitive Aspekte wie deklaratives Wissen (Konzeptwissen), prozedurales Wissen (Problemlösestrategie), Metakognition und kognitive Fähigkeiten (Intelligenz) sowie nicht-kognitive Aspekte wie Motivation, Ausdauer oder Selbstsicherheit (Funke,

2003; Mayer, 2007). Taconis, Ferguson-Hessler und Broekkamp (2001) zählen zudem das Merkmal der Vertrautheit im Sinne von routinierten Fähigkeiten dazu.

Situationsmerkmale (*Environment*) beschreiben, wie ein bestimmtes Problem mit den verfügbaren Ressourcen dargeboten wird. Dazu gehören beispielsweise die Präsentation des Problems (Art und Umfang der Aufgabe), die Transparenz (Bekanntheit der Bewertungskriterien und der Zielvorgabe) oder die verfügbare Zeit (Funke, 2003).

Problemmerkmale (*Tasks*) beschreiben die spezifischen Kennzeichen des Problems. Diese werden in der Literatur unterschiedlich dargestellt und können unter den folgenden Punkten zusammengefasst werden:

- **Strukturiertheit:** Ausmaß an gegebener Struktur – gut versus schlecht strukturierte Probleme (Jonassen, 2000).
- **Abstraktheit:** Spezifität des Problems in Bezug auf eine bestimmte Domäne – generelle versus domänenspezifische Probleme (ebd.).
- **Informationsgehalt:** Anzahl der gegebenen Informationen – geringer versus hoher Informationsgehalt (Taconis et al., 2001).
- **Komplexität:** Anzahl der Elemente – einfache versus komplexe Probleme (Doerner, 1980; Funke, 2003; Jonassen, 2000; Taconis et al., 2001).
- **Vernetztheit:** Anzahl und Dichte der Verknüpfung zwischen den Elementen – gering versus hoch vernetzte Probleme (Funke, 2003).
- **Transparenz:** Bekanntheit der Verknüpfungen und der Wirkungsbeziehungen – transparente versus intransparente Probleme (Funke, 2003; Taconis et al., 2001).
- **Polytelie:** Anzahl der Ziele – Probleme mit einem versus Probleme mit mehreren, eventuell kontradiktorischen Zielen (Funke, 2003).
- **Dynamik:** Ausmaß der Eingriffsabhängigkeit des Systems – statische versus dynamische Probleme (Corbin & Strauss, 2008; Funke, 2003).
- **Offenheit:** Anzahl der möglichen Lösungen – geschlossene versus offene Probleme (Taconis et al., 2001).
- **Zielsetzung:** Ziel des benötigten Systemwissens zwischen Wissenserwerb und Wissensanwendung – Exploration versus Steuerung (Rollett, 2008).

Diese Problemmerkmale stehen in einer dynamischen Ordnung zueinander und sind in einem Wirkungsgefüge miteinander vernetzt. Ein Eingreifen in dieses System bewirkt daher immer eine Veränderung der Beziehung aller beteiligten Elemente und damit des Gesamtcharakters des Systems. „*Komplexe Systeme verhalten sich nun einmal anders als die Summe ihrer Teile*“ (Vester, 2015, S. 25).

In der Literatur gibt es unterschiedliche Ansätze zur Unterscheidung zwischen einfachem und komplexem Problemlösen. Damit verbunden unterscheiden sich auch die Auffassungen, bei welcher Auf-

gabenstruktur und unter welchen Bedingungen der Aufgabenbearbeitung durch die_ den Problemlöser_in von einem komplexen Problem beziehungsweise von komplexem Problemlösen gesprochen werden kann. Hier lassen sich drei grundsätzliche Ansätze unterscheiden (Rollett, 2008):

- (1) Normativer Ansatz: die Aufgabeneigenschaften definieren ein bestimmtes Problem als komplexes Problem.
- (2) Subjektbezogener Ansatz: die Eigenschaften des Problembearbeiters machen ein Problem für ihn zum komplexen Problem.
- (3) Integrierter Ansatz: beide Aspekte tragen zur Definition eines Problems als komplex bei.

Der in dieser Arbeit verfolgte Ansatz zur Definition komplexer Probleme ist der integrierte Ansatz. Ein komplexes Problem ist dementsprechend durch die Komplexität aller Problemmerkmale definiert, welche im Vergleich zu einfachen Problemen erheblich größer ausfällt. Von den spezifischen Kompetenzen der_ des Problemlöser_in hängt ab, in welchem Maße sich das Problem als komplex darstellt. Dass mit steigender Komplexität der Problemmerkmale auch der Problemlöseprozess komplexer wird, ist daher keine zwingende Folge. Ein solcher Zusammenhang wurde bisher auch noch nicht empirisch belegt (Funke, 2003).

Ein zentrales Problemmerkmal ist die Dynamik, welche den Faktor Zeit mit einbezieht und somit den prozesshaften Charakter von Problemlösen ausdrückt (Funke, 2003; Saldaña, 2013). Das Merkmal der Dynamik beschreibt die Tatsache, dass Eingriffe in ein System Prozesse in Gang setzen, deren Auswirkungen nicht unmittelbar vorhersehbar sind – besonders dann nicht, wenn mehr als zwei Variablen beteiligt sind und die Zusammenhänge nicht nur lineare, sondern auch nicht-lineare Anteile enthalten (Funke, 2003). Erforderliche Informationen werden durch die Interaktion mit dem System generiert (Leutner, Fleischer, Wirth, Greiff & Funke, 2012). Außerdem verändert sich eine Problemsituation ohne Einfluss der problemlösenden Person über die Zeit hinweg selbst. Diese Eigendynamik ist insbesondere bei natürlichen Systemen wie Wachstumsprozessen in der Biologie, chemischen Reaktionen oder physikalischen Kausalketten zu beobachten. Mit steigender Komplexität und Vernetztheit der beteiligten Elemente steigt auch deren Dynamik. Aus diesem Merkmal leiten sich die Anforderungen an die problemlösende Person ab, sich auf subtile Veränderungen in der Umgebung einzustellen und darauf zu reagieren (Corbin & Strauss, 2008) sowie zeitliche Entwicklungen abzuschätzen, um die eintretenden Veränderungen möglichst gut vorhersagen zu können (Funke, 2004).

Das Merkmal der Dynamik macht die Prozesshaftigkeit von Problemlösen deutlich. Aktion und Interaktion mit dem System bestehen aus einer Sequenz von verbundenen Prozeduren, welche auf die ständige Anpassung an die Veränderungen der Umgebung ausgerichtet sind (Corbin & Strauss, 2008). Gemeinsame Basis der Problemlöseforschung ist, dass sie diese Prozeduren als systematische Abfolge beschreibt, welche als idealisiertes Prozessmodell verstanden werden kann (Funke, 2004; Mayer, 2007). In der Literatur werden diese Prozeduren unterschiedlich benannt und differenziert (vgl. z. B. Klahr & Dunbar, 1988). Tabelle 1 (Seite 13) zeigt beispielhaft sechs Prozeduren und deren schrittweise Abfolge (Wirth & Klieme, 2003, S. 330-331).

Tabelle 1. *Prozeduren und Dimensionalität von Problemlöseprozessen (Wirth & Klieme, 2003, S. 330-331).*

<i>Procedure</i>	<i>Dimensionality of problem solving competence</i>
(1) Searching for, structuring, representing and integrating information	Analytical problem solving competence
(2) Reasoning, based on a situational model	
(3) Planning actions and steps in the solution process	
(4) Executing and evaluating actions	Dynamic problem solving competence
(5) Continuously processing external information and feedback	
(6) Optimising by learning and applying strategies	

Diese Prozeduren von Problemlöseprozessen lassen sich mit einem mehrdimensionalen Konstrukt aus analytischen und dynamischen Kompetenzaspekten abbilden (Wirth & Klieme, 2003).

Analytische Problemlösekompetenz (siehe Tabelle 1, Punkte 1 bis 3) wird in Situationen benötigt, in denen das Problem gut definiert ist und die relevanten Informationen direkt verfügbar sind. Die Wirkung einer Operation kann in der Regel ohne die tatsächliche Ausführung der Operation abgeleitet werden. Im Wesentlichen basiert analytische Problemlösekompetenz auf dem Suchen, Strukturieren, Repräsentieren und Integrieren von Informationen, dem Schlussfolgern, ausgehend von einem situationsbedingten Modell und dem Planen von Handlungen und Schritten im Problemlöseprozess (Tabelle 1). Einige der auf Seite 11 beschriebenen Situations- und Systemmerkmale wie Intransparenz oder Vernetztheit erfordern eine analytische Problemlösekompetenz, weil hierfür zum Beispiel die Verknüpfungen und Wirkungsbeziehungen eines Problems analysiert werden (Funke, 2003), ohne dass die Durchführung einer konkreten Operation erforderlich ist.

Dynamische Problemlösekompetenz (siehe Tabelle 1, Punkt 4-6) wird benötigt, wenn das Ziel weniger gut definiert ist und die relevanten Informationen nicht verfügbar oder direkt ableitbar sind. Die Wirkung einer Operation kann nur vermutet, jedoch nicht direkt abgeleitet werden. Die relevanten Informationen müssen daher durch tatsächliches Ausführen der Operation und die gezielte Beobachtung ihrer Wirkung generiert werden. Die Fähigkeit zur systematischen Interaktion mit der Problemsituation ist damit ein wesentlicher Bestandteil der dynamischen Problemlösekompetenz. Dynamische Problemlöseprozesse beruhen in erster Linie auf dem Durchführen und Evaluieren von Handlungen, der kontinuierlichen Verarbeitung von Informationen sowie Feedback und dem Optimieren durch Lernen und Anwenden von Strategien (Wirth & Klieme, 2003, Tabelle 1). Das Systemmerkmal der Dynamik (siehe Seite 11) beschreibt das Ausmaß der Eingriffsabhängigkeit eines Systems (Funke, 2003). Die Dynamik eines Problems erfordert das tatsächliche Eingreifen in das System und entsprechend dynamische Problemlösekompetenz, um die Abhängigkeiten der Handlungen zu verstehen.

Die Theorie des Problemlösens mit Fokus auf der Anwendung analytischer und dynamischer Problemlösekompetenz in komplexen Situationen bildet die Grundlage für die theoriebezogene Modellierung von Experimentierkompetenzen.

Die Dimensionen von Problemlöseprozessen (analytisch und dynamisch) lassen sich mit dem dieser Arbeit zugrundeliegenden Kompetenzbegriff verbinden (Tabelle 2). Dementsprechend sind die kognitiven Fähigkeiten der analytischen Dimension und die handlungsbezogenen Fertigkeiten der dynamischen Dimension zuzuordnen.

Tabelle 2. Verknüpfung der Dimensionen des Problemlösens mit dem dieser Arbeit zugrundeliegenden Kompetenzbegriff.

<i>Forschungsrichtung</i>	<i>Dimensionen</i>	
<i>Kompetenzbegriff</i>	Fähigkeiten	Fertigkeiten
	kognitiv	handlungsbezogen
<i>Problemlöseforschung</i>	analytisch	dynamisch

Struktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung

Erkenntnisgewinnung ist ein komplexes Konstrukt, das sämtliche Naturwissenschaften fachspezifisch für sich beanspruchen. In der Literatur besteht derzeit kein Konsens bezüglich dessen Definition und Struktur, weder bezogen auf die einzelne Naturwissenschaft noch fachübergreifend. So werden Begriffe wie *Scientific Inquiry* (Bybee, 2005), *Scientific Reasoning* (Koslowski, 1996; Zimmerman, 2005) oder *Scientific Discovery* (Klahr, 2000b) teilweise gleichbedeutend im Sinne des Prozesses naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung verwendet. Um die Erkenntnisgewinnung als Forschungsgegenstand der vorliegenden Arbeit zu definieren und von anderen Konstrukten abzugrenzen, wurde auf das Modell zur Struktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung von Mayer (2007) zurückgegriffen und in einen Zusammenhang mit internationalen Definitionen gestellt.

In Anlehnung an Mayer (2007) wird naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung in drei Dimensionen strukturiert. Naturwissenschaftliche Untersuchungen (*Scientific Inquiry*), Naturwissenschaftliche Arbeitstechniken (*Practical Work*) und Charakteristika der Naturwissenschaften (*Nature of Science*) bilden das Rahmenmodell. Diese Dimensionen können als Kompetenzkonstrukte kognitionspsychologisch modelliert und systematisch in Beziehung gesetzt werden. Die unterschiedlichen Dimensionen der Erkenntnisgewinnung erfordern daher jeweils die Beherrschung bestimmter Kompetenzen. So ist das Erlernen manueller Fertigkeiten (*Practical Skills*) notwendig für die Durchführung der Arbeitstechniken (*Practical Work*). Naturwissenschaftliches Denken (*Scientific Reasoning*) ermöglicht es, Arbeitstechniken im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses (*Scientific Inquiry*) anzuwenden. Die Charakteristika der Naturwissenschaften (*Nature of Science*) zu verstehen erfordert entsprechend ein angemessenes Wissenschaftsverständnis (*Epistemological Views*). Die unterschiedlichen Dimensionen der Erkenntnisgewinnung sowie die entsprechenden Kompetenzkonstrukte stehen in Wechselwirkung zueinander (ebd.).

In Anlehnung an internationale Studien (z. B. Klahr & Dunbar, 1988; Klahr, 2000b; Koslowski, 1996; Kuhn, Amsel & O'Loughlin, 1988; Nowak, Nehring, Tiemann & Upmeier zu Belzen, 2013; Zimmerman, 2005) wurde die Struktur des von Mayer (2007) beschriebenen Modells in der vorliegenden Arbeit angepasst (Abbildung 3, Seite 15). Naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden (*Inquiry Methods*) bilden demzufolge den Rahmen der Erkenntnisgewinnung. Bei der Anwendung dieser Erkenntnismethoden

sind die unterschiedlichen von Mayer (2007) beschriebenen Dimensionen von Bedeutung: Charakteristika der Naturwissenschaften (*Nature of Science*), Naturwissenschaftliche Untersuchungen (*Scientific Inquiry*) und Naturwissenschaftliche Arbeitstechniken (*Practical Skills*). Für „Naturwissenschaftliche Untersuchungen“ wird in Anlehnung an internationale Literatur in dieser Arbeit der Begriff „Naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse“ verwendet (Klahr & Dunbar, 1988; Klahr, 2000b; Koslowski, 1996; Kuhn et al., 1988; Nowak et al., 2013; Zimmerman, 2005).

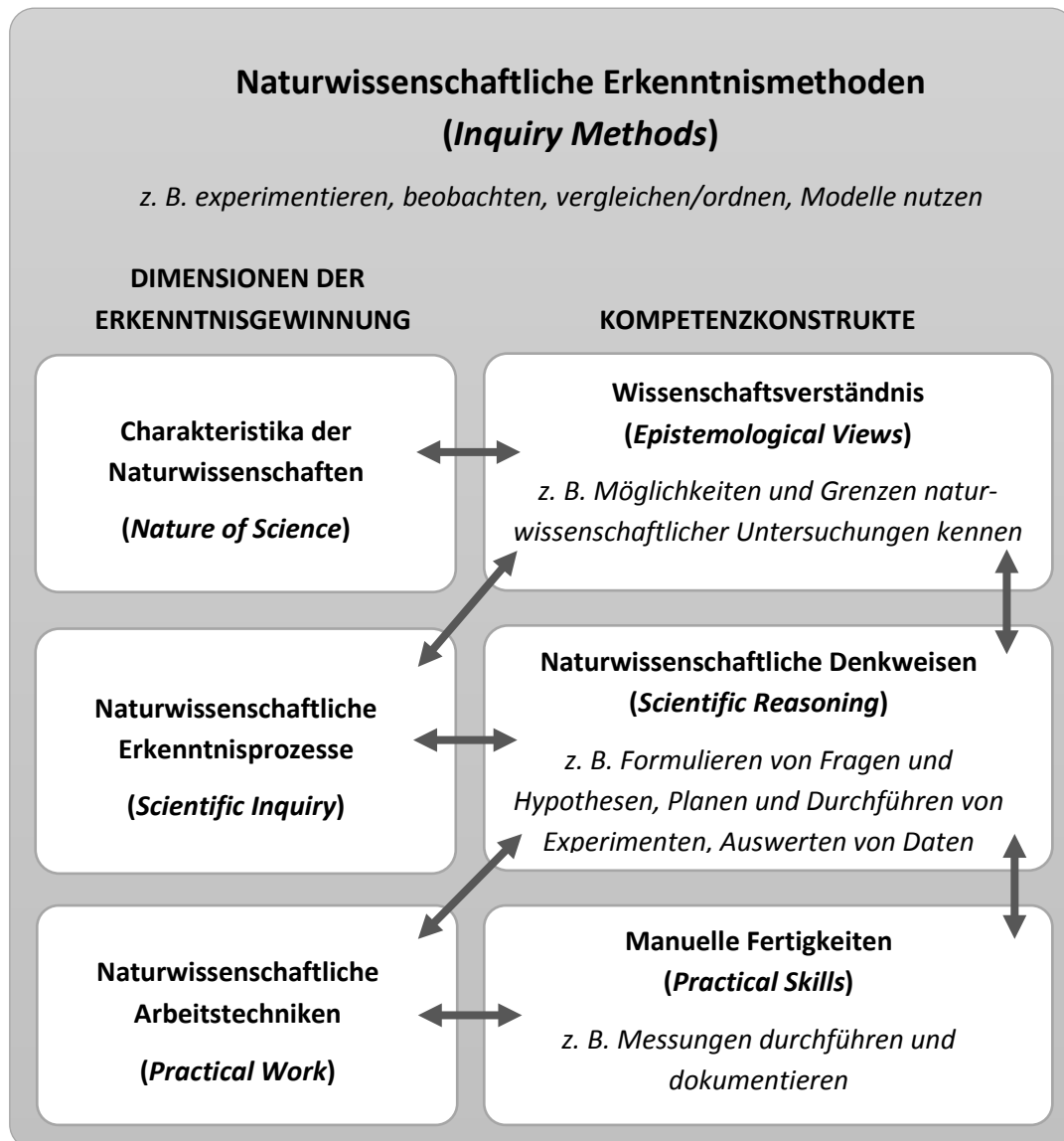


Abbildung 3. Struktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung.

Verändert nach Klahr & Dunbar, 1988; Klahr, 2000b; Koslowski, 1996; Kuhn et al., 1988; Mayer, 2007; Nowak et al., 2013; Zimmerman, 2005.

Naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden (Inquiry Methods)

In der Biologie als Wissenschaftsdisziplin (z. B. Beveridge, 1961; Nachtigall, 1975), wie auch im Biologieunterricht (z. B. Gaskell, 1992; KMK, 2005a; Wellnitz & Mayer, 2012) finden im Rahmen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung verschiedene Erkenntnismethoden (*Inquiry Methods*) Anwendung. Neben der kriterienbezogenen Beobachtung von biologischen Phänomenen, dem kriterienbezogenen Vergleichen und der Modellbildung wird das hypothesengeleitete Experimentieren als ein

grundlegendes wissenschaftsmethodisches Verfahren genutzt (Gropengießer et al., 2013; Klautke, 1990, 1997).

Fachwissenschaftliche Dimension des Experimentierens

In der Literatur lassen sich Ansätze zur Beschreibung des Experiments aus der Wissenschafts- und Erkenntnistheorie (z. B. Chalmers, 2001; Popper, 2005), Forschungsmethodik (z. B. Bortz & Döring, 2006; Ruxton & Colegrave, 2016; Selwyn, 1996; Westermann, 2000), Wissenschaftsphilosophie (z. B. Gooding, 1990, 1993; Pearl, 2013; Woodward, 2004) sowie Wissenschaftshistorik unterscheiden. Bei dem Versuch einer Begriffsbestimmung wird schnell deutlich, dass eine allgemeingültige Definition aufgrund der Vielfältigkeit problematisch, wenn nicht sogar unmöglich ist (z. B. Hofheinz, 2008). Erschwerend kommt hinzu, dass die Verwendung des Begriffs im allgemeinen Sprachgebrauch sehr unscharf ist und häufig synonym zu probieren, testen oder versuchen gebraucht wird (Duden, 2013; Schulz, Wirtz & Starauschek, 2012). Ein Experiment ist ein hoch komplexer, dynamischer Prozess, der je nach Art oder Funktion variiert (Beveridge, 1961; Böhme, 1974). Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Arten von Experimenten, wie zum Beispiel Eichprozesse oder die systematische Analyse und Minimierung von Messfehlern (Gooding, 1993; Gott & Duggan, 1994; Höttecke, 2008a). Unter ihnen ist das kontrollierte Experiment ein wichtiges Konzept biologischen Experimentierens, da es die Aufklärung von Ursache-Wirkung-Zusammenhängen ermöglicht (Beveridge, 1961).

Bei der folgenden Definition des Experimentbegriffs für die vorliegende Arbeit muss betont werden, dass diese basierend auf dem Falsifikationismus (Böhme, 1974) aus fachwissenschaftlicher Perspektive lediglich eine Art von Experimenten, nämlich das kontrollierte Experiment, beschreibt. Das kontrollierte Experiment ist eine Frage an die Natur mit dem Ziel, das Verhalten eines Systems zu ermitteln (Sauermost & Freudig, 1999). Charakteristisch für das kontrollierte Experiment ist der gezielte Eingriff in das Naturgeschehen durch die systematische Variation bestimmter Zustandsgrößen und die konstante Haltung möglicher anderer Größen (Beveridge, 1961; Graßhoff, Casties & Nickelsen, 2000; Wilson, 1991). Wichtige Größen sind damit die Einflussgröße (unabhängige Variable), die Messgröße (abhängige Variable) und die zu kontrollierenden Störgrößen (Kontrollvariablen). Um das System bestmöglich kontrollieren zu können, wird es, wenn möglich, aus der vorhandenen Struktur isoliert (Nachtigall, 1975). Diese kontrollierte Veränderung des zu untersuchenden Objekts unterscheidet das Experiment von anderen Erkenntnismethoden wie dem Beobachten oder Vergleichen (Mahner & Bunge, 2000). Das Wechselspiel zwischen der Theorie als Wissensgrundlage vor dem Experiment und der Empirie, den aus dem Experiment gewonnenen Erkenntnissen, ist ein Kernaspekt von Experimenten (Sauermost & Freudig, 1999). Es wird betont, dass die aus Experimenten gewonnenen Ergebnisse reproduzierbar sein müssen (z. B. Beveridge, 1961; Nachtigall, 1975). Aus dieser Charakterisierung lässt sich die folgende Definition eines kontrollierten Experiments ableiten:

Definition Experiment

Das kontrollierte Experiment ist die gezielte, systematische und kontrollierte Veränderung eines Systems mit dem Ziel, kausale Zusammenhänge zu ermitteln und damit neue Erkenntnisse zu generieren.

Fachdidaktische Dimension des Experimentierens

Wie in den empirischen Naturwissenschaften kommt dem Experiment als Methode der Erkenntnisgewinnung auch in der Lehre eine große Bedeutung bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Kompetenzen zu (Klautke, 1990; KMK, 2005a; Wellnitz & Mayer, 2012). Dabei dominieren vorrangig fachliche Begründungen, welche direkt aus der erkenntnistheoretisch zentralen Stellung des Experiments in den Naturwissenschaften abgeleitet werden und damit besonders die wissenschaftstheoretische Dimension des Experiments fokussieren (z. B. Gyllenpalm & Wickman, 2011b; Hammann, Phan & Bayrhuber, 2007; Klautke, 1990; KMK, 2005a; Puthz, 1988). Zum einen, so argumentieren Roberts (2001), hat der Biologieunterricht (wie bereits unter 2.1.2 auf Seite 8 beschrieben) die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Scientific Literacy*) aller Schüler_innen zum Ziel (vgl. auch KMK, 2005a). Zum anderen soll der Biologieunterricht Schüler_innen auch auf wissenschaftliche Berufswege in der Universität, einer wissenschaftlichen Einrichtung oder einem Anwendungsfeld wie beispielsweise Medizin oder Industrie vorbereiten (Roberts, 2001). Das Experiment als erfolgreiche Methode, um Erkenntnisse zu gewinnen, ist eine wesentliche Errungenschaft unseres naturwissenschaftlichen Kulturguts und damit ein wichtiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung.

Aus fachdidaktischer Perspektive ist das Experiment ein Abschnitt im Unterrichtsprozess mit einer spezifischen Funktion im Lernprozess (Tesch & Duit, 2004). In diesem Zusammenhang lässt sich die Funktion von Experimenten in Anlehnung an allgemeine Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts (siehe Seite 9) unter den folgenden drei Aspekten subsumieren (z. B. Gyllenpalm & Wickman, 2011b; Hodson, 1993; Hofstein, 2003; Hofstein & Lunetta, 2004):

- (1) **Learning science content** – *acquiring and developing conceptual and theoretical knowledge* (Hodson, 1993, S. 106). Entwicklung fachlichen Wissens (Gropengießer et al., 2013; Killermann, Hiering & Starosta, 2013).
- (2) **Learning to do science** – *engaging in and developing expertise in scientific inquiry and problem-solving* (Hodson, 1993, S. 106). Entwicklung fachgemäßer Arbeitsweisen und Problemlösestrategien sowie Förderung zielgerechter Handhabung technischer Geräte und Hilfsmittel (Gropengießer et al., 2013).
- (3) **Learning about science** – *developing an understanding of the nature and methods of science, and an awareness of the complex interactions between science* (Hodson, 1993, S. 106). Entwicklung eines Verständnisses der Natur der Naturwissenschaften (Kremer, 2010; Lederman, 2007; McComas, 2000).

In Bezug auf die Lehrerbildung ergänzen Gyllenpalm und Wickman (2011b; 2011a) außerdem den Aspekt

- (4) **Learning to teach science** (Gyllenpalm & Wickman, 2011b). Entwicklung fachdidaktischen Wissens sowie entsprechender Kompetenzen für die Vermittlung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung.

Je nachdem, welches Ziel mit dem Einsatz eines Experiments im Unterricht verfolgt wird, finden unterschiedliche Experimentieraufgaben Anwendung, die sich qualitativ in Bezug auf die zugrundeliegenden

kognitiven Prozesse und ihre Epistemologie von den Experimenten wissenschaftlicher Forschung unterscheiden (Chinn & Malhotra, 2002a; Tesch & Duit, 2004; vgl. Tabelle 3). Chinn und Malhotra (2002a) haben wesentliche Unterschiede herausgearbeitet, indem sie authentische wissenschaftliche Erkenntnisprozesse (*Authentic Inquiry*) und deren zugrundeliegende Epistemologie analysierten und diese mit typischen Aufgaben zur Erkenntnisgewinnung, wie sie in vielen Schulbüchern und naturwissenschaftlichen Curricula zu finden sind (*Simple Experiments*), kontrastierten. Tabelle 3 zeigt einen Auszug der Ergebnisse und verdeutlicht den Unterschied der kognitiven Prozesse zwischen realen wissenschaftlichen Erkenntnisprozessen und diesen oft zu findenden Schulexperimenten.

Tabelle 3. Unterschiede in den kognitiven Prozessen realer wissenschaftlicher Erkenntnisprozesse in der Forschung (*Authentic Inquiry*) und häufig im Unterricht eingesetzter Schulexperimente (*Simple Experiments*), nach Chinn & Malhotra (2002a, S. 180-181).

<i>Cognitive Process</i>	<i>Type of Reasoning Task</i>	
	Authentic Inquiry	Simple Experiments
<i>Generating research questions</i>	Scientists generate their own research questions	Research question is provided to students.
<i>Selecting variables</i>	Scientists select and even invent variables to investigate. There are many possible variables.	Students investigate one or two provided variables.
<i>Planning procedures</i>	Scientists invent complex procedures to address questions of interest.	Students follow simple directions on how to implement a procedure.
<i>Transforming observations</i>	Observations are often repeatedly transformed into other data formats.	Observations are seldom transformed into other data formats, except perhaps straightforward graphs.
<i>Types of reasoning</i>	Scientists employ multiple forms of argument.	Students employ simple contrastive reasoning.

Unterschiede bestehen jedoch nicht nur zwischen wissenschaftlichen Experimenten und Unterrichtsexperimenten, auch innerhalb der Unterrichtsexperimente lassen sich verschiedene Vorgehensweisen unterscheiden (Gott, Duggan & Johnson, 1999; Mitchell, 2007; Scharfenberg, 2005). Ein wesentliches Kriterium für deren Klassifizierung ist der Grad der Offenheit oder *Locus of Control* (Gyllenpalm et al., 2010a; Kirchner, Priemer & Uhlmann, 2010). Tabelle 4 (Seite 19) zeigt für die unterschiedlichen Unterrichtsansätze (*Type of instructional approach*), inwiefern die Phasen eines Experiments (*Question/Problem, Method* und *Answer/Result*) entweder durch die Lehrperson vorgegeben oder offen sind. Das lange vorherrschende „Kochbuchexperiment“ (z. B. Wenning, 2005), wie es auch in Tabelle 3 dargestellt ist, ist durch Schritt-für-Schritt-Anleitungen stark durch die Lehrkraft gesteuert und ermöglicht kaum eine aktive Beteiligung seitens der Schüler_innen. Mittlerweile werden jedoch zunehmend Aufgaben entwickelt, die eine stärkere Einbindung der Schüler_innen in den Erkenntnisprozess vorsehen (Tabelle 4, Seite 19). Damit verschiebt sich der Ort der Kontrolle (*Locus of Control*) von der Lehrkraft hin zur_zum Schüler_in; gleichzeitig steigt die Offenheit der Aufgabe und damit auch deren Anforderungsniveau, bezeichnet als *Intellectual Sophistication* (Gyllenpalm et al., 2010a; Mitchell, 2007; NRC, 2000; Wenning, 2007).

Tabelle 4. Klassifizierung von Unterrichtsansätzen zum Experimentieren in Anlehnung an Gyllenpalm et al. (2010a), Wenning (2007) sowie NRC (2000).

x=given; o=open.

Type of instructional approach	Question/ Problem	Method	Answer/ Result	Intellectual Sophistication	Locus of Control
Expository	x	x	x	Low	Teacher
Discovery	x	x	x	↕	↕
Problem-Based	x	o	x		
Guided Inquiry	x	x	o	↕	↕
Inquiry	x	o	o		
Open Inquiry	o	o	o	High	Student

Neben den Experimentierphasen (Tabelle 4) werden nach Kirchner et al. (2010) fünf weitere Dimensionen der Offenheit von Experimenten in je zwei bis drei Graduierungsstufen differenziert (Tabelle 5). Die Autoren nennen den Fachinhalt, dem das Experiment zugeordnet werden kann, die Strategie des Experimentierens, die angewendete Methode sowie die Anzahl der möglichen Lösungen und Lösungswege (ebd.).

Tabelle 5. Dimensionen des offenen Experimentierens und deren Graduierung (Kirchner et al., 2010, S. 325).

Dimension	geschlossen	↔	offen
<i>Fachinhalt</i>	ein Fachinhalt vorgegeben	mehrere Fachinhalte vorgegeben	keine Vorgaben zum Fachinhalt
<i>Strategie</i>	Strategie vorgegeben	Strategie vorskizziert	keine Vorgaben zur Strategie
<i>Methode</i>	Methode vorgegeben	Methode vorskizziert	keine Vorgaben zur Methode
<i>Lösung</i>	eine Lösung		mehrere Lösungen
<i>Lösungsweg</i>	ein Lösungsweg		mehrere Lösungswege
<i>Phase</i>	Vorgehen vorgegeben	Vorgehen vorskizziert	keine Vorgaben zum Vorgehen

Die Vorstrukturierung von Experimentierprozessen, wie sie häufig in Schulbüchern vorzufinden ist (Chinn & Malhotra, 2002a), betrifft jedoch nicht nur die detaillierte Vorgabe und Lenkung einzelner Arbeitsschritte in der Durchführung oder Auswertung eines Experiments. Auch die Instrumente selbst dienen dazu, „der Logik folgend Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten zeit-ökonomisch und mit möglichst großer Klarheit zu inszenieren“ (Höttecke & Rieß, 2015, S. 130). Diese Aufgaben implizieren daher, dass Effekte zweifelsfrei in Erscheinung treten, ohne sich zu überlagern; dass Effekte zeitökonomisch und zuverlässig hergestellt, beobachtet und vermessen werden können; dass Messdaten vorgegebenen Auswertungsroutinen entsprechen; und dass Fragen nach der Stabilisierung von Messapparaturen gar nicht erst entstehen (ebd.). Diese Seite der Vorstrukturiertheit schließt jedoch den empirischen Kern der Naturwissenschaften, den Umgang mit Evidenz, d. h. den Prozess der Aushandlung und des Anerkennens von Daten, systematisch aus (Höttecke & Rieß, 2015).

Charakteristika der Naturwissenschaften (Nature of Science)

Die Bezeichnung Charakteristika der Naturwissenschaften (*Nature of Science*) steht in diesem Zusammenhang für die Epistemologie der Wissenschaft als ein Weg der Erkenntnisgewinnung und die Werte und Überzeugungen in Bezug auf naturwissenschaftliches Wissen und dessen Entwicklung (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; Hofer & Pintrich, 1997; Höttecke, 2001; Kremer, 2010; Lederman, 2007; Osborne, Simon & Collins, 2003). Die Charakteristika der Naturwissenschaften umfassen beispielsweise Vorstellungen und Ansichten über den Status von Hypothesen, Theorien und Gesetzen, über die Methoden naturwissenschaftlichen Arbeitens oder über den Status naturwissenschaftlichen Wissens (z. B. Hofheinz, 2008; McComas, 2000; Priemer, 2006).

Die Grenze zwischen naturwissenschaftlichem Denken und Handeln und Überzeugungen über die Charakteristika der Naturwissenschaften ist unscharf. Es hat sich gezeigt, dass die Experimentierstrategien von Schüler_innen auch von deren epistemischen Überzeugungen abhängen (z. B. Carey, 1989; Höttecke, 2001; Kuhn, 1989; Rieß & Robin, 2012). Daher sind Aspekte der Charakteristika der Naturwissenschaften zumindest implizit in den Experimentierprozessen enthalten. Experimentierspezifische Charakteristika der Naturwissenschaften betreffen beispielsweise die Beziehung zwischen Hypothesen, Theorien und Gesetzen, die sogenannte „wissenschaftliche Methode“ oder den Status von Evidenz und der Sicherheit von Wissen (Kremer, 2010; Lederman, 2007; MacComas, 2000).

Naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse (Scientific Inquiry)

Der Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (*Scientific Inquiry*) wird in der Literatur unterschiedlich dargestellt (z. B. Eschenhagen et al., 2010; Gott & Murphy, 1987; Grube, 2010; Klautke, 1990; Wellnitz & Mayer, 2012). Neben den bestehenden Unterschieden teilen die Autor_innen die Idee einer idealisierten, zyklischen Vorgehensweise, die innerhalb einer linearen Abfolge von Teilprozessen stattfindet. Beispielsweise werden das Generieren und Testen von Hypothesen, das Identifizieren und Kontrollieren von Variablen und das Evaluieren von Evidenz genannt (z. B. Hogan & Fisher-Keller, 2005; Klahr & Dunbar, 2012; Kuhn, 1992; Kuhn & Dean Jr., 2004; Lawson, 2004; Schunn & Anderson, 1999; Zimmerman, 2007). Aus fachdidaktischer Perspektive wird dieser Prozess oft als „hypothetisch-deduktive Methode“ beschrieben (z. B. Eschenhagen et al., 2010; Gott & Murphy, 1987; Grube, 2010; Klautke, 1990; Wellnitz & Mayer, 2012). Abbildung 4 (Seite 21) zeigt diesen idealtypischen Experimentierprozess beginnend mit einem Problem (*Problem*), der Formulierung einer Forschungsfrage (*Reformulation*), dem Planen (*Planning an experiment*) und Durchführen eines Experiments (*Carrying out the experiment*), der Aufzeichnung (*Recording data*) und Interpretation von Daten (*Interpreting data*), der Evaluation des Experiments (*Evaluation*) und der resultierenden Lösung (*Solution*). Außerdem zeigt die Abbildung mögliche Verknüpfungen zwischen der Evaluation des Experiments und anderen Phasen des Prozesses.

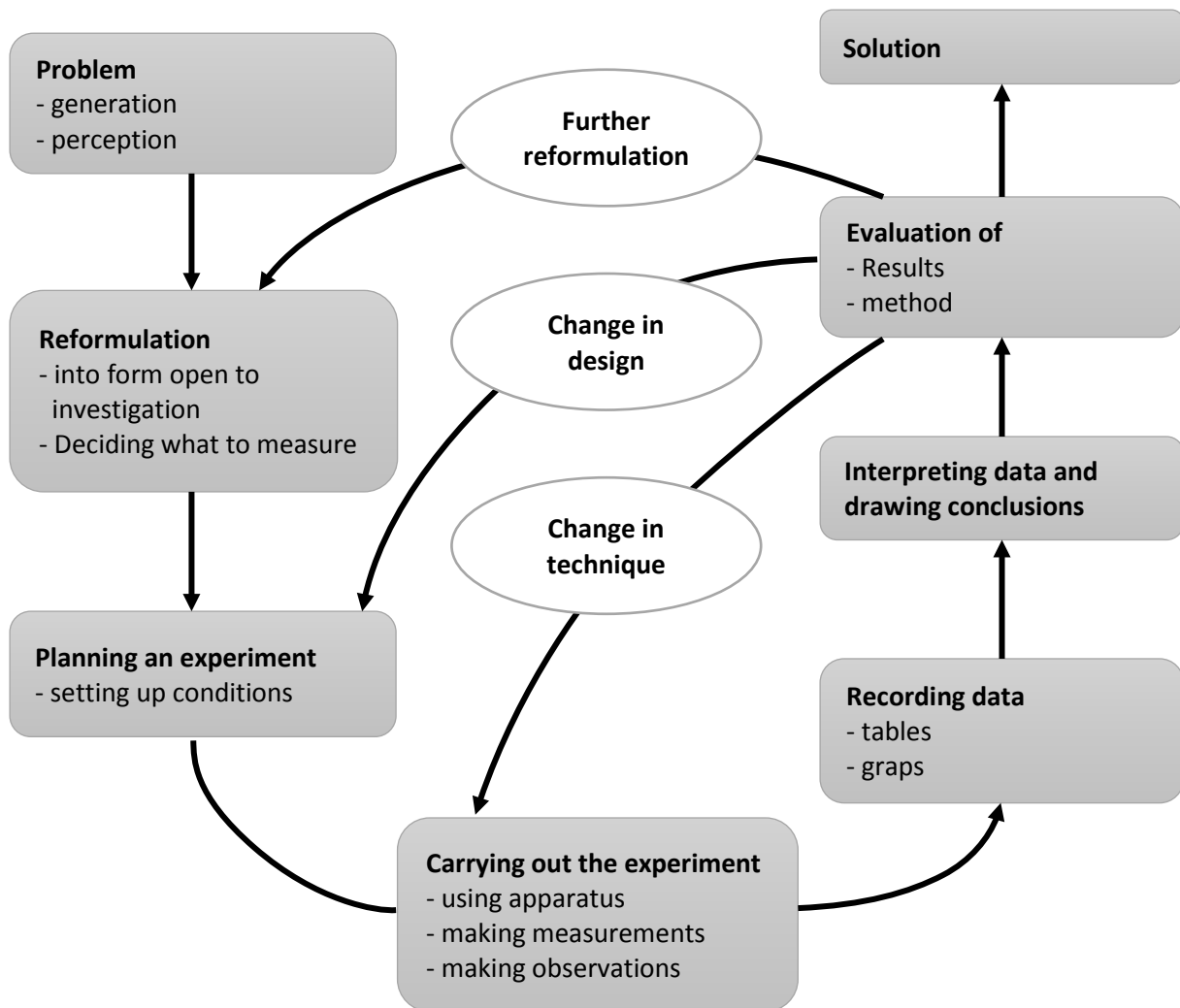


Abbildung 4. Idealtypischer Experimentierprozess (Gott & Murphy, 1987, S. 24).

Diese idealisierte Darstellung des Experimentierprozesses kann als Modell verstanden werden, welches bestimmte Eigenschaften theoriebezogen modelliert, während andere im Modell vernachlässigt werden (Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010; Upmeyer zu Belzen, 2013). Vorteile dieser modellhaften Darstellung sind zum Beispiel eine leichtere Erfassung eines komplexen Prozesses und die gezielte Visualisierung des zyklischen Charakters. Die Reduktion eines komplexen Prozesses und seine Zergliederung in Teilprozesse dienen außerdem dazu, entsprechende Teilkompetenzen messbar zu machen (Klieme & Leutner, 2006).

Ein Grund für die zunehmende Etablierung solcher idealisierter Modelle stellt die Struktur naturwissenschaftlicher Publikationen dar, welche den Forschungsstand an den Anfang eines Prozesses stellt, gefolgt von der *Formulierung der Hypothesen*, der *Darstellung der Methoden und Resultate* sowie der *Diskussion der Ergebnisse* (Höttecke & Rieß, 2015). Diese Struktur hat sich zur Kommunikation der Ergebnisse bewährt. Medawar (1991 [1963]) betont jedoch, dass es sich um einen Trugschluss handelt, diese Konstruktion für ein chronologisches Abbild der Forschung zu halten (ebd.); der Prozess des naturwissenschaftlichen Experimentierens wird demzufolge durch die üblichen Kommunikations- und Berichtsformen verzerrt. Kritisiert wird an dieser idealisierten Darstellung, dass sie die Auffassung

transportiert, wissenschaftliche Erkenntnisse würden nach einer standardisierten, immer gleich ablaufenden Methode gewonnen (z. B. Bauer, 1994; Giunta, 2001; Gyllenpalm & Wickman, 2011b; Harwood, 2004; Lederman, 1998; McComas, 1996). Zudem zeigen Beispiele aus der Wissenschaft, dass Erkenntnisse auf sehr vielen unterschiedlichen Wegen gewonnen werden.

Aufgrund dieser Kritik gibt es Bestrebungen, die Linearität des Modells zu hinterfragen und es mehr an die Forschungspraxis anzulehnen. Experimente sollten vielmehr systemisch und prozessual verstanden werden. Harwood (2004) hebt in seinem *Activity Model* (Abbildung 5) beispielsweise die Komplexität der Vernetzungen zwischen den einzelnen Phasen (*activities*) hervor. Das *Activity Model* beschreibt zehn Prozesse, welche Wissenschaftler_innen meistens mehr als einmal durchlaufen. Das Muster der Vernetzung zwischen den Prozessen hängt von den spezifischen Bedürfnissen und Zielsetzungen der_des Wissenschaftler_in ab. Dieses Modell beschreibt damit, im Gegensatz zu bisher bestehenden Modellen, keine vorgegebene Reihenfolge von Schritten, die „gute Wissenschaft“ definieren (ebd.), sondern lässt unterschiedlichste Vernetzungen zwischen den unterschiedlichen Prozessen im Experiment zu.

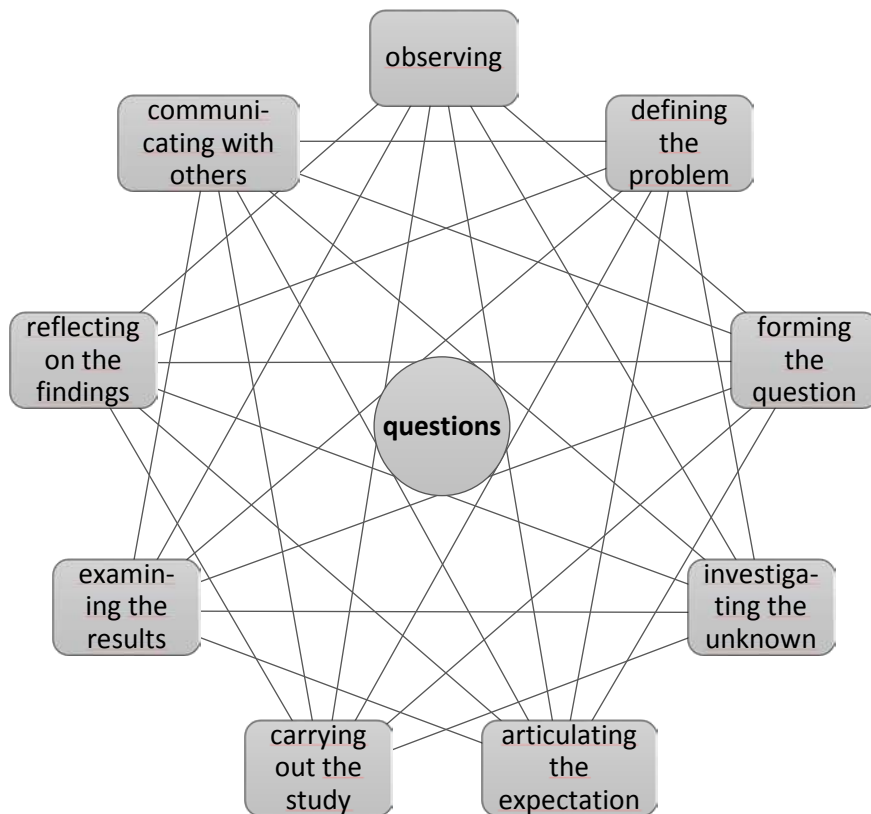


Abbildung 5. „Activity Model“ für den Prozess wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Harwood, 2004, S. 1).

In jüngerer Zeit gibt es verstärkt Bemühungen, wissenschaftliche Erkenntnisprozesse im Unterricht stärker in Anlehnung an authentische Wissenschaft zu gestalten (Bell & Linn, 2010; Toth, Suthers & Lesgold, 2002). Voraussetzung hierfür ist die Berücksichtigung „realistischer“ Forschungsprozesse im Unterricht. Mit diesem Ziel haben Park et al. (2009) die Forschungsprozesse von Physikern untersucht. Auf Basis ihrer Analysen schlagen die Autor_innen ein überarbeitetes Modell naturwissenschaftlicher

Naturwissenschaftliche Arbeitstechniken (Practical Work)

Voraussetzung für die Anwendung naturwissenschaftlicher Arbeitstechniken (*Practical Work*) sind manuelle Fertigkeiten (*Practical Skills*), wie zum Beispiel das Mikroskopieren, das Präparieren oder die Anwendung chemischer Analysen und physikalischer Messungen (Jones, Reed & Weyers, 2008; NRC, 2006). Die Fertigkeiten, die in der modernen praktischen Biologie gebraucht werden, reichen von denen, die für die Beobachtung von Bedeutung sind, wie beispielsweise Zeichnen oder akkurate Aufzeichnung von Daten, zu solchen, die im Umgang mit technischen Analyseinstrumenten benötigt werden. Neben generellen Prinzipien und Arbeitstechniken sind, je nach Disziplin und Forschungsfrage, auch unterschiedliche Fertigkeiten von Bedeutung. Beispielsweise unterscheiden sich spezifische Arbeitstechniken der Botanik von denen der Mikrobiologie und der Zoologie (Jones et al., 2008). Ein weiterer Aspekt naturwissenschaftlicher Arbeitstechniken ist das Wissen über und der Umgang mit Gesundheit und Sicherheit im Labor und im Feld, wie beispielsweise der sachgerechte Umgang mit Chemikalien (ebd.). Manuelle Fertigkeiten bilden insbesondere handlungsbezogene Aspekte einer Kompetenz ab.

2.1.4 Kompetenzmodellierung

Modellierung von Experimentierkompetenzen

Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenzen erlangt im Zuge der Einführung nationaler Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer zunehmend an Bedeutung für die fachdidaktische Forschung. Dabei umfasst die Kompetenzmodellierung vier wesentliche Forschungsbereiche (Klieme & Leutner, 2006; Klieme, Hartig & Rauch, 2008; Koeppen et al., 2008):

- (1) Modellierung von Kompetenzen,
- (2) Entwicklung entsprechender psychometrischer Modelle,
- (3) Test- und Item Konstruktion auf der Grundlage von Kompetenzmodellen,
- (4) Nutzung der diagnostischen Information aus Kompetenztests.

Die zentrale Aufgabe der Forschung besteht darin, kognitionspsychologisch fundierte Kompetenzmodelle zu entwickeln, die mit entsprechenden psychometrischen Modellen verbunden werden können (Klieme & Leutner, 2006). Mithilfe von Kompetenzmodellen werden einerseits die zu erwartenden Lernergebnisse von Schüler_innen bestimmter Altersstufen in den jeweiligen Fächern dargestellt, und andererseits wird die Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten wissenschaftlich fundiert beschrieben. Kompetenzmodelle stellen damit eine wesentliche Grundlage für die Operationalisierung der Bildungsziele, das Erstellen von Testverfahren sowie die Entwicklung von Aufgaben dar und erlauben, den Output des Bildungssystems empirisch zu überprüfen. Sie bilden auf diese Weise ein wichtiges Bindeglied zwischen den abstrakten Bildungszielen und konkreten Aufgabenstellungen in einer Domäne (Klieme et al., 2007a). Die theoriegeleitete Modellierung von Kompetenzen hat den Vorteil, dass die Vernetzung curricularer Anforderungen, fachspezifischer Zusammenhänge, kognitionspsychologischer Modelle sowie konkreter Aufgaben einheitlich gestaltet werden kann (Klieme & Leutner, 2006).

Die Beschreibung und Messung von Kompetenzen erfordern daher tragfähige und für Messung und Lernen umsetzbare Kompetenzmodelle (Schecker & Parchmann, 2006), welche die Struktur der spezifischen Kompetenzen in ihrem systematischen Gefüge sowie die Stufen ihres Erwerbs beschreiben (Klieme et al., 2003; Klieme et al., 2007a).

Bei der empirischen Erfassung von Kompetenzen ist zu entscheiden, welches Modell der Entwicklung von Messinstrumenten und der Beschreibung von Messergebnissen zugrunde gelegt wird. Hierbei lassen sich grundsätzlich zwei Arten von Modellen unterscheiden: Kompetenzstrukturmodelle und Kompetenzentwicklungsmodelle (Klieme et al., 2007b).

Kompetenzstrukturmodelle

Um unterschiedliche Anforderungen zu bewältigen, können unterschiedliche Fähigkeiten und Fertigkeiten nötig sein. So muss ein Individuum zur erfolgreichen Lösung eines naturwissenschaftlichen Problems beispielsweise mit naturwissenschaftlichen Denkweisen vertraut sein, fachspezifische Arbeitsweisen kennen und anwenden können und entsprechende manuelle Fertigkeiten besitzen (siehe Kapitel 2.1.3, Seite 9). Das Konstrukt der Experimentierkompetenz lässt sich daher nicht eindimensional abbilden, sondern durch verschiedene Teilkompetenzen, wie zum Beispiel spezifische Fähigkeiten und Fertigkeiten. Kompetenzstrukturmodelle befassen sich in diesem Zusammenhang mit der Frage der Dimensionalität von Kompetenzkonstrukten (Klieme & Leutner, 2006; Mayer & Wellnitz, 2014). Die Anzahl der Dimensionen und deren Untergliederung in Teildimensionen hängen von dem jeweiligen Zweck des Modells ab. Typischerweise werden Strukturmodelle in zwei bis vier Dimensionen aufgeschlüsselt (Schecker & Parchmann, 2006). Zur Gliederung des Lehrangebots, für die Entwicklung von Lehrwerken, oder für die Gestaltung von Prüfungen werden beispielsweise drei Kompetenzstufen vorgeschlagen: funktional, konzeptuell/prozedural und meta-konzeptuell (Schecker, Fischer & Wiesner, 2004). Komplexere Modelle ermöglichen eine differenzierte Analyse; der empirische Aufwand ihrer Überprüfung erhöht sich jedoch erheblich (Schecker & Parchmann, 2006).

Wichtige Grundlagen für die fachdidaktische Forschung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung bilden das von Klahr und Dunbar (1988) entwickelte *Scientific Discovery as Dual Search (SDDS)*-Modell sowie das Strukturmodell zum wissenschaftlichen Denken von Mayer (2007). Darauf aufbauend wurde von Kambach et al. (in Vorbereitung; 2013) das *Strukturmodell zum Experimentieren* entwickelt.

Scientific Discovery as Dual Search (SDDS)-Modell

Das SDDS-Modell wurde aus der Problemlöseforschung hergeleitet und beschreibt das Experimentieren als Erkenntnissuche in zwei Problemräumen (Klahr & Dunbar, 1988; Klahr, 2000a): dem Hypothesen-Raum (*Hypothesis Space*) und dem Experiment-Raum (*Experiment Space*).

Die Suche im Hypothesen-Raum (*Searching the Hypothesis Space*) beruht sowohl auf der Grundlage domänenspezifischen Vorwissens als auch auf der Basis von Daten, die aus vorhergegangenen Experimenten oder Beobachtungen stammen (Hammann, 2004; Klahr & Dunbar, 1988; Klahr, 2000a). Der Prozess der Generierung neuer Hypothesen ist eine Art der Problemlösung, in dem der Ausgangszu-

stand aus einem eingeschränkten domänenspezifischen Wissen über das zu erklärende Phänomen besteht, während der Zielzustand eine überprüfbare Hypothese ist (Klahr, 2000a). Die Hypothese liefert anschließend die Basis für die Suche im *Experiment-Raum* (Klahr & Dunbar, 1988).

Eine der wichtigsten Bedingungen für die Suche im Experiment-Raum (*Searching the Experiment Space*) ist die Notwendigkeit, Experimente mit interpretierbaren Ergebnissen zu konzipieren, anhand derer eindeutige Aussagen möglich sind. Es wird ein Experiment geplant und durchgeführt und die generierten Ergebnisse werden mit der anfangs formulierten Hypothese abgeglichen (Klahr, 2000a). Dieser Prozess erfordert sowohl domänenspezifisches als auch domänenübergreifendes Wissen. Ziel des Testens von Hypothesen ist eine Beschreibung derjenigen Evidenzen, welche die Hypothese verifizieren oder falsifizieren (Klahr & Dunbar, 1988; Klahr, 2000a).

Ein weiterer zentraler Bestandteil des Experimentierens ist die Analyse von Evidenzen (*Evaluate Evidence*). Dieser Schritt vermittelt zwischen den beiden Suchräumen (Klahr & Dunbar, 1988) und entscheidet, ob die Ergebnisse der Experimente ausreichen, um die anfangs formulierte Hypothese zu akzeptieren oder zurückzuweisen (Klahr, 2000a). Im Prozess der Analyse von Evidenzen wird damit die Übereinstimmung zwischen Theorie und Evidenz beurteilt. Dies kann weiterhin wieder zur Suche im Hypothesen-Raum oder im Experiment-Raum führen (Klahr & Dunbar, 1988; Klahr, 2000a).

Diese drei Komponenten des Problemlöseprozesses sind in Abbildung 7 dargestellt. Sie beschreiben die oberste Ebene des SDDS-Modells als einen einfachen, sich wiederholenden Zyklus der Generierung von Hypothesen (*Search Hypothesis Space*), dem Testen von Hypothesen (*Test Hypothesis*) und der Auswertung des gesammelten Wissens (*Evaluate Evidence*). Unterhalb dieser Ebene beginnt ein komplexes Zusammenspiel von Teilprozessen, welche die drei Hauptkomponenten und deren komplexes Zusammenspiel detailliert beschreiben (Klahr, 2000a). Das SDDS-Modell fokussiert damit auf die Komplexität und den zyklischen Charakter der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Zimmerman, 2005; siehe Klahr, 2000 für eine detaillierte Diskussion). Das SDDS-Modell wurde in mehreren Studien empirisch bestätigt (Hamman et al., 2007; Klahr & Dunbar, 1988; Phan, 2007).

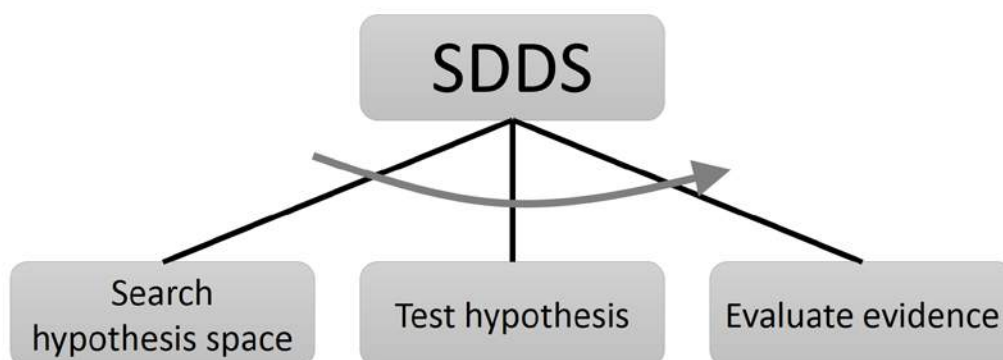


Abbildung 7. Übergeordnete Komponenten des SDDS-Modells (Klahr, 2000a, S. 31).

Aufbauend auf dem SDDS-Modell beschreibt Hamman (2004) für die Biologie die Struktur von Experimentierkompetenz. Die Suche im Hypothesen-Raum beinhaltet demnach das Aufstellen, Verfeinern und Revidieren von Hypothesen auf der Basis domänenspezifischen Vorwissens. Weiterhin gehört das Prüfen der Plausibilität aufgestellter Hypothesen zu dieser Dimension. Die Suche im Experiment-Raum

umfasst das Planen und Durchführen von Experimenten auf Basis domänenübergreifenden und domänenspezifischen Wissens. Die Dimension Analyse von Evidenzen beinhaltet die Auswertung der Daten in Bezug auf theoretische Annahmen sowie die Fehlerdiskussion (Hammann, 2004).

Die empirische Überprüfung der Modellstruktur erfolgte in mehreren Studien und konnte auf Basis unterschiedlicher Inhaltsbereiche gestützt werden (Gößling, 2011; Hammann et al., 2007; Klahr, 2000b; Klos, Henke, Kieren, Walpuski & Sumfleth, 2008; Phan, 2007). In der Biologie untersuchten Hammann et al. (2007) das SDDS-Modell unter Verwendung von *Multiple Choice Aufgaben*. Sie plädieren auf Basis ihrer Daten für eine zweidimensionale Struktur, die die Dimension *Testen von Hypothesen* von den Dimensionen *Hypothesen-Suchraum* und *Analyse von Evidenzen* abgrenzt.

Verschiedene Autor_innen betonen zudem, dass die Interaktion zwischen dem *Aufstellen von Hypothesen* und dem *Durchführen von Experimenten* bedeutend sei für den Erfolg wissenschaftlicher Untersuchungen (z. B. Conant, 1964; Klahr & Dunbar, 1988; Mitroff, 1974; Simon & Glenn, 1974; Vollmeyer, Burns & Holyoak, 1996).

Erweiterung des SDDS-Modells

Um eine detaillierte Beschreibung von Lernprozessen in komplexen Domänen zu ermöglichen, wurde das SDDS-Modell von Jong und Njoo (1992) und van Joolingen und de Jong (1997) erweitert. Dabei wurden die Struktur des Hypothesen- und des Experiment-Raums sowie deren Interaktion differenziert als Abfolge mehrerer transformativer Prozesse beschrieben (Friedler, Nachmias & Linn, 1990; Jong & Njoo, 1992; Klahr, 2000b; van Joolingen & de Jong, 1997). In Anlehnung an Reimann (1989) definieren van Joolingen und Jong (1991) Hypothesen als eine Form der Erklärung, welche die Beziehung zwischen zwei oder mehr Variablen beschreibt. Diese Definition impliziert, dass der Hypothesen-Raum zwei Teilräume umfasst, einen *Variablen-Raum* und einen *Beziehungs-Raum* (van Joolingen & de Jong, 1997). Bei der Suche im *Hypothesen-Raum* formuliert ein Lernender multiple Hypothesen. Bei der Konstruktion eines solchen Hypothesen-Sets müssen die Lernenden zum einen im *Variablen-Raum* suchen, d. h., sie müssen relevante Variablen identifizieren und zum anderen müssen sie im *Beziehungs-Raum* suchen, d. h. die Beziehung zwischen zwei oder mehr Variablen definieren (ebd.).

Während die grundlegenden Elemente des *Hypothesen-Raums* Variablen und Beziehungen zwischen Variablen sind, besteht der *Experiment-Raum* aus sogenannten Werte-Tupeln, einem Satz von Variablen, denen konkrete Werte zugewiesen sind (z. B. den Variablen Licht, Wasser und Nährstoffe werden die Werte „mit Licht“, „kein Wasser“, „keine Nährstoffe“ zugewiesen, welche einen Werte-Tupel darstellen). Mehrere solcher Werte-Tupel ergeben ein Experimentier-Design. Die Suche im *Experiment-Raum*, die Durchführung des Experiments, besteht aus zwei Hauptkomponenten: Zunächst werden die zu manipulierenden (unabhängigen) Variablen und die zu messenden (abhängigen) Variablen definiert. Anschließend wird bestimmt, wie die Manipulation der Variablen erfolgt (ebd.).

Das erweiterte (*extended*) SDDS-Modell wurde in einer Studie zum Entscheidungs- und Bewertungsverhalten von Chemie-Studierenden überprüft. Die Ergebnisse stützen die theoretisch hergeleitete Struktur der beiden Experimentierräume (ebd.).

Strukturmodell zum wissenschaftlichen Denken

Auch dem Strukturmodell zum wissenschaftlichen Denken von Mayer (2007) liegt die Problemlöseforschung zugrunde. Nach Mayer (2007) kann wissenschaftliches Denken als „*relativ komplexer, kognitiver, wissensbasierter Problemlöseprozess verstanden werden, der durch spezifische Prozeduren charakterisiert ist*“ (ebd.).

Mayer (2007) überführt in seinem Modell die vier zentralen Prozeduren des Problemlöseprozesses in vier Prozessvariablen wissenschaftlichen Denkens (Abbildung 8). Zu Beginn eines naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses steht ein spezifisches Problem oder Phänomen, aus dem eine adäquate, überprüfbare Fragestellung formuliert wird (Fragestellung formulieren). Darauf aufbauend werden Hypothesen generiert, die mögliche, noch nicht belegte Lösungen darstellen (Hypothesen generieren). In der konkreten Planung und Durchführung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung werden Evidenzen generiert, und es wird der vermuteten Lösung des Problems nachgegangen (Planung einer Untersuchung). Die Interpretation der Ergebnisse zeigt anschließend, ob die Hypothese gestützt oder verworfen wird (Deutung der Ergebnisse).



Abbildung 8. Ableitung der Teilkompetenzen wissenschaftlichen Denkens aus Prozeduren des Problemlöseprozesses (Grube, 2010, S. 21).

Der systematischen Abfolge der vier Prozessvariablen liegt eine logisch verbundene Struktur zugrunde (ebd.). Diese zeigt sich unter anderem in Revisions- und Rückschlusszyklen, welche im Modell (Abbildung 9, Seite 29) zwischen den Prozessvariablen über rückbindende Pfeile deutlich werden. Die Qualität eines Problemlöseprozesses wird von der Güte der Prozessvariablen beeinflusst. Weitere bedeutsame Prädiktoren für die Problemlösequalität sind Personen- und Situationsmerkmale (Mayer, 2007).

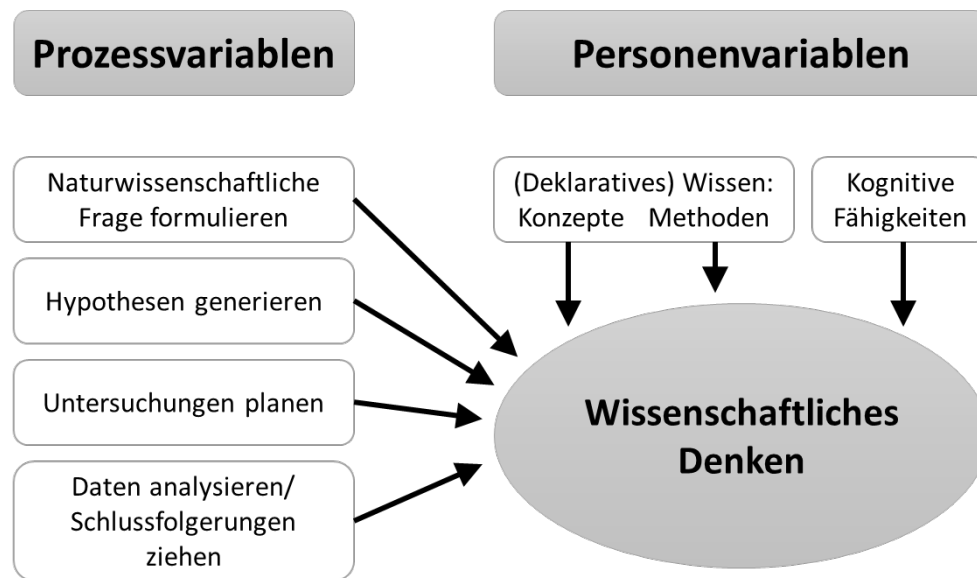


Abbildung 9. Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken, *Scientific Reasoning* (Mayer, 2007, S. 181).

Das Modell wurde in mehreren Studien empirisch untersucht (Grube, 2010; Wellnitz, 2012; Wellnitz & Mayer, 2013). Beispielsweise zeigte Grube (2010), dass sich die Prozessvariablen des Modells empirisch messbar voneinander unterscheiden lassen und damit als eigenständige Teilkompetenzen bezeichnet werden können (vgl. auch Mayer, Grube & Möller, 2008). Zudem weisen die Ergebnisse darauf hin, dass auch gemeinsame Anforderungen zwischen den vier Teilkompetenzen bestehen. Die angeführten Studien setzten schriftliche, offene Aufgabenformate zu den einzelnen Prozessvariablen ein. Eine vertiefte Analyse der inhaltlichen und methodischen Verknüpfungen der Prozessvariablen ist dementsprechend nur in Ansätzen möglich.

Erweiterung des Strukturmodells zum wissenschaftlichen Denken

In zwei Studien zur Modellierung und Diagnose von Experimentierkompetenzen erweitern Meier (2016) und Schmidt (2016) das Strukturmodell zum wissenschaftlichen Denken (Mayer, 2007) um die Teilkompetenz Experiment durchführen. Meier (2016) strukturiert die Durchführung in die drei Unterfacetten *Beobachtungen und Messungen*, *Einsatz der Geräte/Materialien* sowie *Umgang mit dem Versuchsobjekt* (ebd.). Schmidt (2016) differenziert die Teilkompetenz *Experiment durchführen* in die folgenden vier Subkompetenzen: *Experiment aufbauen*, *Daten sammeln*, *Daten dokumentieren* und *Fehler der Durchführung erkennen*.

Strukturmodell zum Experimentieren

Aufbauend auf das SDDS-Modell (Klahr & Dunbar, 1988) und das Strukturmodell zum wissenschaftlichen Denken (Mayer, 2007) entwickelten Kambach et al. (in Vorbereitung; 2013) ein theoriebasiertes *Strukturmodell zum Experimentieren*, welches ebenfalls die Phase der Durchführung berücksichtigt; auszugsweise ist dieses in Abbildung 10 (Seite 31) dargestellt. In einem umfassenden Literaturreview mit anschließendem Expertenrating wurden in der Literatur beschriebene Phasen und Handlungen des Experimentierens zusammengefasst und strukturiert. Das Modell ist in drei Ebenen gegliedert. Die sieben Phasen der ersten Ebene (*Problem/Phänomen*, *Frage*, *Hypothese*, *Planung*, *Durchführung*, *Auswertung* und *Kommunikation/Anwendung*) sind auf der zweiten Ebene in insgesamt zehn Teilphasen

2 Theorie

ausdifferenziert. Die dritte Ebene enthält insgesamt 104 Handlungen, die als Aspekte bezeichnet werden. Neben den sieben prozessbezogenen Phasen beinhaltet das Modell sieben prozessübergreifende Aspekte, welche Handlungen umfassen, die keiner bestimmten Experimentierphase zuzuordnen sind und damit über den gesamten Prozess hinweg verlaufen können.

Die Besonderheit dieses Modells ist, dass es sowohl die kognitiven als auch die handlungsbezogenen Aspekte der Experimentierkompetenz berücksichtigt. Insbesondere in der Phase der Durchführung und der Auswertung ist dieses Modell wesentlich stärker ausdifferenziert als andere Modelle.

Die in diesem Modell beschriebenen Kategorien sind als eine Taxonomie der beim Experimentieren beteiligten Prozesse zu verstehen. Sie stellen keine vorgeschriebene Abfolge von Schritten beim Experimentieren dar. Es ist wahrscheinlich, dass viele Aspekte der Phasen und Teilphasen im Verlauf eines Experimentierprozesses beobachtet werden können, jedoch wird nicht angenommen, dass alle Aspekte in jedem Prozess eine Rolle spielen. Auch wird nicht angenommen, dass die Phasen, Teilphasen und Aspekte immer in der hier beschriebenen Reihenfolge durchlaufen werden (Klopfer, 1971).

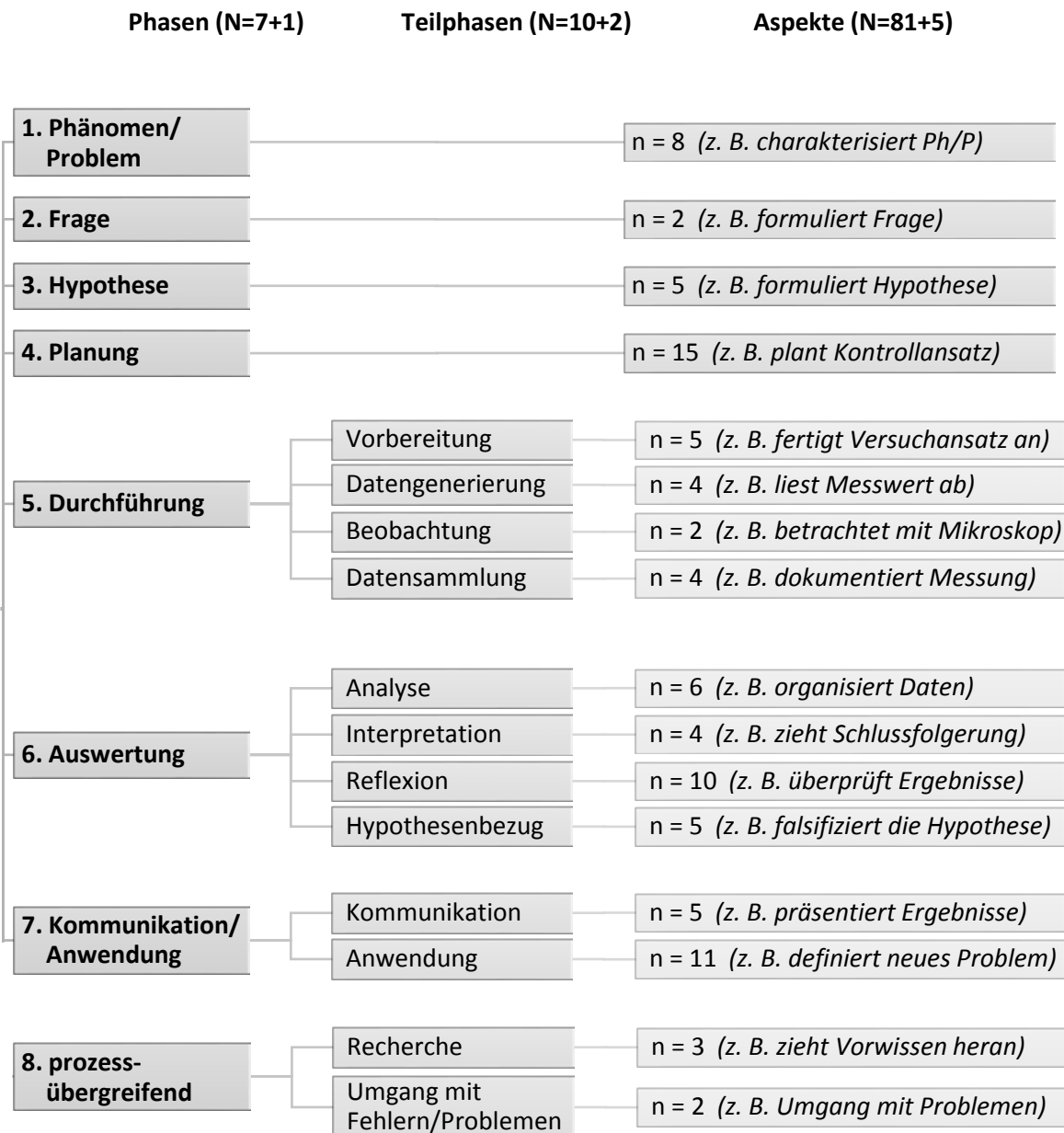


Abbildung 10. Auszug aus dem Strukturmodell zum Experimentieren (Kambach et al., in Vorbereitung; 2013). Basierend auf Klahr und Dunbar (1988), Mayer (2007) und anderen.

Im Folgenden werden die sieben Phasen sowie die prozessübergreifende achte Phase des Modells sowie die prozessübergreifende Phase ausführlich erläutert.

1. Phänomen/Problem

Ein Experimentierprozess wird häufig durch die Beobachtung eines Phänomens oder Problems initiiert (z. B. Gott & Murphy, 1987; Harwood, 2004; Hofstein, Navon, Kipnis & Mamlok-Naaman, 2005). In dieser Phase versteht und charakterisiert die_ der Experimentierende das Phänomen oder Problem, indem sie_er sich auf (biologisches) Fachverständnis bezieht (z. B. Jong, 2006; OECD, 2004a; van Joolingen & Jong, 1991).

2. Frage

Die Formulierung einer Frage- oder Zielstellung ist sinngemäß für den gesamten nachfolgenden Prozess des Experiments (Hofstein et al., 2005). Die Frage- oder Zielstellung kann aus der Auseinandersetzung mit dem Phänomen oder Problem resultieren, oder auch aus den Daten vorhergehender Experimente oder einer Lücke im Wissensstand (Klautke, 1997; Mahner & Bunge, 2000). Das Generieren von Forschungsfragen oder -zielen erfolgt auf der Basis von Fachverständnis (Marbach-Ad & Claassen, 2001) und richtet sich auf einen Zusammenhang zwischen Vorgängen. Forschungsfragen oder -ziele können auch vorgegeben werden, beispielsweise von der Wirtschaft oder Politik. In diesem Fall müssen diese zunächst geklärt werden (Kuo, Wu, Jen & Hsu, 2015; Schreiber, 2012).

3. Hypothese

Im Gegensatz zu der *Forschungsfrage* oder dem *Forschungsziel* stellt die *Hypothese* eine vorläufige, widerlegbare Erklärung für ein Phänomen oder Problem dar. Sie steht in Einklang mit bestehendem Fachwissen und etablierten Gesetzen (Klautke, 1997; Mahner & Bunge, 2000; Mohr, 1981). Hypothesen sind logisch, widerspruchsfrei und wissenschaftlich überprüfbar (Mohr, 1981). In dieser Phase identifiziert die_ der Experimentierende mögliche Variablen und wählt die zu untersuchenden Variablen aus (Gott & Murphy, 1987; van Joelingen & de Jong, 1997).

4. Planung

Um die Hypothese zu überprüfen, plant die_ der Experimentierende ein Experiment (DfES & QCA, 2004; Gobert et al., 2012; Klopfer, 1971). Hier plant sie_er zum Beispiel die Handhabung der Variablen (unabhängige und abhängige Variablen, Kontroll- und Störvariablen), die Zusammensetzung der Versuchsansätze oder die Beobachtungs- oder Messprozedur (Hofstein, 2004). In dieser Phase werden auch Kontrollansätze berücksichtigt (Mullis, Martin, Ruddock, O'Sullivan & Preuschoff, 2009) und die Ergebnisse des Experiments vorhergesagt (Harwood, 2004; Klahr & Dunbar, 1988).

5. Durchführung

Die Durchführung umfasst vier Teilphasen: die *Vorbereitung der Durchführung*, das *Generieren von Daten*, das *Beobachten* und das *Sammeln von Daten*. Für die Vorbereitung des Experiments schafft die_ der Experimentierende die notwendigen Bedingungen für dessen Durchführung. Sie_er stellt die Materialien zusammen (Hofstein, 2004; Klopfer, 1971; Roberts & Gott, 2003), fertigt die Versuchsansätze an (Park et al., 2009; Tamir, Nussinovitz & Friedler, 1982) und baut die Versuchsanordnung auf (Hellingman, 1982; Schreiber, 2012). Um eindeutige Schlüsse über den Einfluss der unabhängigen auf die abhängige Variable ziehen zu können, wird bereits bei der Anfertigung der Versuchsansätze das Einhalten der Homogenitätsbedingungen berücksichtigt, d. h., alle Kontrollvariablen werden konstant gehalten (Graßhoff et al., 2000; Klautke, 1997; Nachtigall, 1975). Zudem gehört die Anfertigung eines Kontrollansatzes zur Vorbereitung des Experiments. Bei der Generierung von Daten wird das betrachtete System so beeinflusst, dass der Einfluss einer Variable auf eine andere beobachtet werden kann. Dies beinhaltet etwa die systematische Veränderung von Variablen (Chiappetta, 1997; Padilla, 1990; Yoon, 2009) und die Messung der abhängigen Variable (Doran, Fraser, Giddings & DeTure, 1995; Lunetta & Tamir, 1979). Die empirische Überprüfung von Hypothesen geschieht in der Regel im Rahmen kontrollierter Beobachtungen (Kipnis & Hofstein, 2008; Lembens, Kern & Jonke, 2011; Mohr, 1981). Bei der Beobachtung betrachtet die_ der Experimentierende das System, ohne es zu verändern.

Dabei muss sie_er die Dauer und Intervalle der Beobachtung berücksichtigen (Graßhoff et al., 2000; Grube, 2010). Das Sammeln von Daten umfasst die vollständige und präzise Protokollierung von Beobachtungen oder Messwerten (Graßhoff et al., 2000; Knaggs & Schneider, 2012; Lunetta & Tamir, 1979).

6. Auswertung

Die Phase der Auswertung ist in vier Teilphasen strukturiert: die *Analyse* und *Interpretation* von Daten, die *Evaluation* des Experiments sowie den *Rückbezug auf die Hypothese*. Bei der *Analyse* von Daten ist wichtig, diese objektiv zu betrachten, ohne voreilige Schlüsse zu ziehen. In dieser Phase werden die Daten organisiert, strukturiert und in eine Standardform gebracht (Gott & Murphy, 1987; Kuo et al., 2015; Lunetta & Tamir, 1979). Bei der *Interpretation* der Daten zieht die_der Experimentierende die erhobenen Daten heran (Hodson, 1993; Zimmerman, 2005) und formuliert Schlussfolgerungen auf der Basis der zugrundeliegenden Theorie (Hackling & Garnett, 1993a; Mayer, 2007). Hier werden nur solche Daten berücksichtigt, die zuverlässig sind (Mohr, 1981). Die *Evaluation* des Experiments umfasst die kritische Reflexion der Daten einerseits (Gott & Murphy, 1987; Mullis et al., 2009) und des Prozesses andererseits (Harwood, 2004; OECD, 2004b). Die_der Experimentierende bestimmt die Genauigkeit der Daten (DfES & QCA, 2004; Wenning, 2007) oder findet mögliche alternative Lösungswege (Mikelskis-Seifert, Maaß, Wilbers & Ernst, 2011; NRC, 1996). Beim *Rückbezug der Ergebnisse auf die Hypothese* bewertet die_der Experimentierende, ob diese verifiziert oder falsifiziert wird; darüber hinaus können keine Aussagen getroffen werden (Gloy, 2005). In dieser Teilphase evaluiert die_der Experimentierende den Zusammenhang zwischen Evidenz und erwartetem Ergebnis (Hammann, 2004). Auf die Falsifizierung der Hypothese folgt auf der Basis der Ergebnisse die Generierung einer neuen Hypothese (Klahr & Dunbar, 1988), während im Falle einer Verifizierung die ursprüngliche Hypothese verfeinert wird (Kirch, 2007; Klautke, 1990).

7. Kommunikation/Anwendung

Kommuniziert ein_e Experimentierende_r die Ergebnisse des Experiments, wählt er ein Medium für diesen Zweck aus (DfES & QCA, 2004; OECD, 2004b) und präsentiert die Ergebnisse wissenschaftlich (Chiappetta, 1997; Hofstein et al., 2005; Mullis et al., 2009). Die Anwendung der Ergebnisse umfasst das Vorschlagen von Ideen zur weiteren Nachforschung (Hellingman, 1982; Tamir et al., 1982), die Formulierung neuer Probleme, Fragen und Hypothesen auf der Basis der Ergebnisse sowie die Anwendung der Techniken auf neue Probleme (Lunetta & Tamir, 1979).

8. Prozessübergreifend

Neben den beschriebenen Experimentierphasen gibt es Prozesse, die sich keiner dieser spezifischen Phasen zuordnen lassen und sich damit über den gesamten Prozess hinweg erstrecken können.

Der *Umgang mit Fehlern oder Problemen* ist ein wichtiger Bestandteil von Experimenten (Hellingman, 1982; Schreiber, 2012; Zimmerman, 2005). Hier können Verfahrensfehler (z. B. Konstruktion der Apparatur, Handhabung der Instrumente), methodische Fehler (z. B. kein Differenztest, kein Kontrollversuch, unzureichende Dokumentation) und inhaltliche Fehler (z. B. fälschlich angenommene Hypothese, Fehler in der Interpretation, falsche Bewertung von Signifikanzen) unterschieden werden (Graßhoff et al., 2000). Zudem gehört das *Prüfen von Informationsquellen*, wie etwa Informationsmaterial (DfES & QCA, 2004; Hellingman, 1982), Vorwissen (Gott & Murphy, 1987; Hammann, 2007) oder Daten

aus vorhergehenden Experimenten (Hammann, 2004; Klahr & Dunbar, 1988), zu den prozessübergreifenden Aspekten. Neben der Protokollierung der Daten aus dem Experiment muss auch der Prozess genau beschrieben werden, damit das Experiment reproduzierbar ist (Graßhoff et al., 2000; Klautke, 1990; Mohr, 1981; Nachtigall, 1975).

Bei dem *Strukturmodell zum Experimentieren* handelt es sich zunächst um eine theoretisch hergeleitete Prozessstruktur. Es bleibt offen, inwiefern sich diese Struktur in realen Experimentierprozessen tatsächlich zeigt. In ihrer Studie zu den Experimentierprozessen Lehramtsstudierender der Chemie untersuchte Arndt (2016) das vorgelegte Modell (vgl. Abbildung 10, Seite 31) auf Ebene der Phasen in Bezug auf die Abbildung der theoretisch hergeleiteten Struktur in den realen Experimentierprozessen der Studierenden. Die Ergebnisse zeigen, dass alle Phasen des Strukturmodells in den Experimentierprozessen gezeigt werden, was für chemische Kontexte für die aus der Theorie hergeleiteten Struktur spricht. Auf Ebene der Teilphasen und Aspekte liegen bisher noch keine Ergebnisse vor (ebd.). Die dritte Ebene des Modells betreffend zeigt sich, dass in den Experimentierprozessen der Studierenden nicht alle Aspekte des Modells beobachtet wurden. Aspekte wie beispielsweise *beobachtet Phänomen, stellt Daten graphisch dar* oder *benennt Einschränkungen* kamen nicht vor. Arndt (2016) formuliert aufbauend auf ihre Ergebnisse die Vermutung, dass die Prozessstruktur nach Domäne und Kontext variiert.

In der Zusammenführung der Dimensionen von Problemlösekompetenz (Kapitel 2.1.3, Seite 9), des dieser Arbeit zugrundeliegenden Kompetenzbegriffs (Kapitel 2.1.4, Seite 24) und den im selben Kapitel vorgestellten Strukturmodellen lassen sich die Phasen eines Experiments den Dimensionen der Problemlöseforschung sowie den Aspekten der Experimentierkompetenz zuordnen (Tabelle 6). So stellen die Phasen *Frage, Hypothese, Planung* und *Auswertung* vermehrt die kognitive, analytische Dimension der Experimentierkompetenz dar. Die Aspekte der Durchführungsphase lassen sich vor allem der handlungsspezifischen, dynamischen Dimension zuordnen.

Tabelle 6. Zusammenführung von Dimensionen der Problemlöseforschung, der Kompetenzforschung sowie der in dieser Arbeit modellierten Experimentierkompetenz.

<i>Forschungsrichtung</i>	<i>Dimensionen</i>	
<i>Problemlösen</i>	analytisch	dynamisch
<i>Kompetenzbegriff</i>	Fähigkeiten kognitiv	Fertigkeiten handlungsbezogen
<i>Modellierung von Experimentierkompetenz (Struktur)</i>	Phänomen/Problem Frage/Ziel Hypothese Planung Auswertung Kommunikation/	Durchführung Anwendung

Die vorgestellten Strukturmodelle beschreiben, wie in Kapitel 2.1.3 (Seite 20ff.) bereits erläutert, den Verlauf des Experimentierens in einer logischen Reihenfolge. Diese Art der Darstellung suggeriert, dass es einen idealtypischen Prozessverlauf gibt. Einige Autor_innen weisen jedoch darauf hin, dass dieser

idealisierte Ablauf in realen Experimentierprozessen lediglich selten zu beobachten ist (Klopfer, 1971; Schreiber, Theyßen & Schecker, 2011).

Kompetenzniveaumodelle

Für die Überprüfung von Kompetenzzuständen bei Lernenden für die Erfassung von Lernergebnissen oder zur Lernstandsdiagnose ist es von Bedeutung, individuelle Kompetenzausprägungen eindeutig zu bestimmen (z. B. Hartig & Klieme, 2006; Klieme & Leutner, 2006; Klieme et al., 2007a). Aufbauend auf der Definition des jeweiligen Kompetenzkonstrukts, beispielsweise der Experimentierkompetenz, kommt daher neben der Darstellung von Struktur und Domänenspezifität der Beschreibung der Kompetenzniveaus eine wichtige Bedeutung zu (Klieme et al., 2007a). Kompetenzniveaumodelle (Hartig & Klieme, 2007), auch als Kompetenzstufenmodelle bezeichnet (Hartig & Klieme, 2006), sollen Auskunft darüber geben, „welche spezifischen Anforderungen eine Person mit einer hohen Kompetenz bewältigen kann und welche Anforderungen eine Person mit einer niedrigen Kompetenz gerade noch bewältigt und welche nicht“ (ebd.). Die Kompetenzniveaus beziehungsweise -stufen werden als Grade der Entwicklung einer Kompetenz auf einer Skala mit unterschiedlichen Lernniveaus dargestellt (Hamman, 2004; Hartig, 2007; Höttecke, 2008b). Kompetenzniveaumodelle können jedoch keine Auskunft darüber geben, „auf welchem Wege sich Lernende diese Kompetenz erschlossen haben“ (Aufschnaiter & Rogge, 2010, 98). Schecker und Parchmann merken diesbezüglich an:

„Selbst wenn man davon ausgeht, dass Stufen naturwissenschaftlicher Kompetenz sinnvoll hierarchisch zu beschreiben sind, wie es etwa Hamman (2004) und andere für den Bereich des Vergleichens und Experimentierens gezeigt haben, bleibt es eine Hypothese, dass damit gleichzeitig eine Abfolge einhergeht. Empirisch bisher gar nicht geklärt ist, in welcher Weise und in welcher Verknüpfung sich die Ausprägungen naturwissenschaftlicher Kompetenz beim Individuum zeitlich entwickeln“ (Schecker & Parchmann, 2006, 56f.).

Der Entwicklungsverlauf von Kompetenzen kann daher nicht allein anhand der Komplexität fachlicher Gegenstände oder professioneller Erfahrungswerte abgeleitet, sondern muss empirisch fundiert werden. Die entwicklungspsychologischen Voraussetzungen, Lernschwierigkeiten und vorunterrichtlichen Vorstellungen der Lernenden müssen entsprechend auf Grundlage empirischer Forschung Berücksichtigung finden (Hamman, 2004). Kompetenzentwicklungsmodelle befassen sich im Vergleich zu Niveau- oder Stufenmodellen mit der Definition der Skalenabschnitte zwischen den Kompetenzniveaus (Klieme et al., 2007b). Voraussetzung für die Aufklärung der tatsächlichen inneren Dynamik der Kompetenzentwicklung sind Längsschnittstudien, welche bisher jedoch kaum vorliegen (z. B. Klieme et al., 2007a; Schecker & Parchmann, 2006).

In den Naturwissenschaften liegt ein Niveaumodell zur *Scientific Literacy* von Bybee (2002) vor. In diesem eher grob aufgelösten Niveaumodell werden vier Niveaus unterschieden:

- (1) nominal (fehlerhafte Vorstellungen, naive Theorien oder unvollständiges Verständnis zum Bereich Naturwissenschaft, geringer Zusammenhang zwischen Verständnis und Fähigkeiten),
- (2) funktional (korrekte und angemessene Verwendung von Fachsprache),

2 Theorie

- (3) konzeptionell und prozedural (Verständnis von Konzepten und Prozessen der Naturwissenschaften, Struktur von Disziplinen) und
- (4) multidimensional (umfassendes Wissenschaftsverständnis).

Am Beispiel Experimentieren werden in der Literatur unterschiedliche Kriterien zur Graduierung von Kompetenzniveaus vorgeschlagen: das mehr oder weniger systematische Vorgehen beim Experimentieren (Hammann, 2004), die Anzahl und Einbeziehung von relevanten Variablen (Schauble, Glaser, Raghavan & Reiner, 1992) oder die Abstufung von Alltagskonzepten zu wissenschaftlich angemessenen Konzepten (Bybee, 2002). Daher liegen unterschiedliche Entwicklungsmodelle vor, die sich entsprechend des jeweiligen Forschungsziels und der eingesetzten Methoden in ihrer Struktur und Ausdifferenzierung unterscheiden.

Aufbauend auf dem *Strukturmodell zum wissenschaftlichen Denken* entwickelte die Arbeitsgruppe um Mayer ein Niveaustufenmodell (Tabelle 7), welches eine Graduierung nach Komplexität im Sinne eines Problemlöseprozesses in fünf Niveaustufen pro Teilkompetenz vorsieht (Mayer et al., 2008).

Tabelle 7. Kompetenzniveaus der vier Teilkompetenzen wissenschaftlichen Denkens (Grube, 2010, S. 37).

Deutung	Beobachtung oder Daten wiedergeben	Schlussfolgerung aus Daten ziehen	Schlussfolgerung auf Basis von Konzeptverständnis ziehen	generalisierende Schlussfolgerung ziehen	Sicherheit der Deutung reflektieren/ alternative Deutungen in Betracht ziehen
Planung	eine Variable identifizieren	veränderte und zu messende Variable in Beziehung setzen	Kontrollvariablen /Konstanthaltung der Versuchsbedingungen berücksichtigen	Stichprobe, Messwiederholung und Versuchsdauer berücksichtigen	Untersuchungsmethoden (Genauigkeit, Fehler) abwägen
Hypothese	einfache testbare Hypothese generieren	Hypothese mit Begründung durch Alltagsanalogien generieren	Hypothese mit Begründung durch Alltagsanalogien generieren	generalisierende /quantifizierbare Hypothese generieren	alternative Hypothesen berücksichtigen
Fragestellung	einfache nw. Frage auf Phänomenebene stellen	nw. Frage nach dem Zusammenhang zweier Variablen stellen	nw. Frage zum Zusammenhang zweier Variablen auf Basis von Konzeptverständnis stellen	generalisierende /quantifizierbare nw. Frage nach einem Zusammenhang stellen	eigene nw. Frage zur Problemlösung stellen
	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV	Niveau V

Dieses Modell wurde mittlerweile in mehreren Studien mithilfe von querschnittlich erhobenen Daten empirisch untersucht. Es zeigt sich, dass sich die vier Teilkompetenzen empirisch messbar voneinander unterscheiden lassen und dass das Modell somit für die Erfassung der Kompetenzentwicklung von Schüler_innen der Sekundarstufe I geeignet ist (Grube & Mayer, 2010).

Die Lehr-Lern-Forschung betont beim Experimentieren im Wesentlichen die Planbarkeit, Wiederholbarkeit und insbesondere die Variablenkontrollstrategie im Rahmen von Hypothesentests (z. B. Grube & Mayer, 2010; Hammann et al., 2006; Mayer, 2007; Rieß, 2012). Den praktisch-manuellen Fertigkeiten wird dabei lediglich eine geringe Bedeutung zugestanden. Im Vordergrund stehen kognitive Fähigkeiten zur Generierung von Hypothesen, zur Planung von Experimenten und zur Analyse von Daten, welche im Grunde alle „am Schreibtisch“ stattfinden können. Nur wenige Autor_innen berücksichtigen die handlungsorientierten Aspekte wie das funktionstüchtige Aufbauen von Versuchen

(Nawrath, Maiseykenka & Schecker, 2011), den Einsatz der Geräte und Materialien oder den Umgang mit dem Versuchsobjekt (Meier, 2016). Die Befunde der fachdidaktischen Forschung lassen daher Zweifel aufkommen, ob das im naturwissenschaftlichen Unterricht und der Lehr-Lern-Forschung favorisierte Verständnis von Experimentieren tatsächlich authentisch ist (Höttecke & Rieß, 2015).

2.1.5 Erfassung von Experimentierkompetenzen

Die Erhebung und Messung von Experimentierkompetenzen erfolgt mithilfe qualitativer und quantitativer Methoden wie *Paper Pencil Tests* (z. B. Grube, Möller & Mayer, 2007; Nowak et al., 2013; Phan, 2007; Wellnitz, Hartmann & Mayer, 2009), *Computer Based Assessments* (z. B. Baker & Mayer, 1999; Greiff, Niepel, Scherer & Martin, 2016; Klahr, 2000b; Klieme, Leutner & Wirth, 2005) oder *Performance Assessments* (z. B. Roberts & Gott, 2007; Solano-Flores, Jovanovic, Shavelson & Bachmann, 1999; Ziemek, Keiner & Mayer, 2005). Hierbei kommen unterschiedliche Testarten (Aufgaben- und Antwortformate) und entsprechende Messarten (Erhebungsmethoden und Auswertungsformate) zum Einsatz (Gut-Glanzmann, 2012; vgl. Abbildung 11, Seite 40). Inwiefern die mit den verschiedenen Testarten erzielten Ergebnisse im Sinne des zugrundeliegenden Konstrukts valide interpretierbar sind (AERA, APA & NCME, 2014), ist oft unklar. Die direkte Beobachtung gilt in der Literatur als Maßstab für die Entwicklung und Beurteilung von Auswertungsformaten (Baxter & Shavelson, 1994; Gut-Glanzmann, 2012; Schreiber, 2012). Einen umfangreichen Überblick über unterschiedliche Ansätze zur Messung von Experimentierkompetenzen geben Temiz, Taşar und Tan (2006), Gut-Glanzmann (2012) oder Kambach et al. (in Vorbereitung; Kambach et al., 2013).

Testarten

Paper Pencil Tests

Aufgrund ihrer Testökonomie in den Bereichen Handhabung und Auswertungsdauer greifen viele Untersuchungen auf sogenannte *Large Scale Verfahren*, wie beispielsweise *Paper Pencil Tests*, zurück (Frey & Hartig, 2013). Umfangreiche Übersichten über entsprechende Instrumente finden sich beispielsweise in (Glug, 2009, S. 61) oder (Gut-Glanzmann, 2012, S. 53). Besonders *Multiple Choice Formate* (z. B. Burns, Okey & Wise, 1985; Fraser, 1980; Gerald Dillashaw & Okey, 1980; Tobin & Capie, 1981) haben den Vorteil, dass sie die Untersuchung großer Stichproben erlauben, da sich die Antworten vergleichsweise zeitökonomisch auswerten lassen (Clasen; Lindner, Strobel & Köller, 2015). Damit können sie beispielsweise für Vergleichsstudien in Schulklassen eingesetzt werden. Diese Testformate konzentrieren sich üblicherweise auf das Produkt bzw. den Output und umfassen einfache Probleme (siehe Kapitel 2.1.3, S. 10). Beispielsweise sollen Schüler_innen dabei passend zu einer Hypothese eines von mehreren vorgegebenen Experimentdesigns auswählen, ohne ein eigenes zu konzipieren. Die Beurteilung des Prozesses und der eigenständigen Konstruktion (*productive mode*; Fraser, 1980; Liu, Lee & Linn, 2011; Tamir et al., 1982) ist insofern mit geschlossenen Antwortformaten nicht möglich. Mithilfe von *Paper Pencil Tests* werden daher rein kognitive Aspekte wie deklaratives und prozedurales Wissen erfasst (Shavelson, Ruiz-Primo & Wiley, 2005). Der handlungsbezogene Aspekt des praktischen Ausführens von Experimenten wird dabei nicht berücksichtigt (Schecker & Parchmann, 2006). Die Mes-

sung von prozessbezogenen dynamischen Aspekten erfordert dementsprechend dynamische Testinstrumente (Wirth & Klieme, 2003). Es hat sich zudem gezeigt, dass schriftliche Verfahren wenig mit denen direkter Beobachtung korrelieren (z. B. Ben-Zwi, Galili, Russell & Schlesinger, 1977; Comber & Keeves, 1973; Lawrenz, Huffman & Welch, 2001; Robinson, 1969; Shavelson et al., 1999; Tamir, 1972), was darauf hinweist, dass die direkte Beobachtung andere Kompetenzaspekte misst als schriftliche Testinstrumente.

Multiple Choice Formate stehen aus diesen Gründen in der Kritik, die Komplexität und Vielseitigkeit der Wirklichkeit nicht ausreichend abbilden zu können (Stecher, 2010) und dem zeitgemäßen, konstruktivistischen Verständnis von Lernen damit nicht gerecht zu werden (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996; Shavelson et al., 1991; Stebler, Reusser & Ramseier, 1998; Stecher, 2010). Dieser Kritik stehen junge *Multiple Choice Ansätze* entgegen, in denen das Aufgabenformat eine Anwendung von Wissens-elementen hervorruft anstelle definitorisches Wissen zu betonen (vgl. u. a. Walpuski, Kampa, Kauerz & Wellnitz, 2008). Aufgrund der oben beschriebenen Problematik wurden mittlerweile verschiedene alternative Testarten wie *Computer Based Assessments* oder *Performance Assessments* entwickelt mit dem Ziel, eine höhere Passung zu direkter Beobachtung zu erreichen (z. B. Ruiz-Primo & Shavelson, 1996).

Computer Based Assessments

Computer Based Assessments ermöglichen eine Interaktion zwischen Testmaterial und Proband_in (vgl. z. B. Künsting, Thillmann, Wirth, Fischer & Leutner, 2008). So erhalten die Proband_innen in der Computersimulation eine Rückkopplung zu ihrem Handeln (Schreiber, Theyßen & Schecker, 2009). Darüber hinaus bilden *Computer Based Assessments* eine Grundlage für die Entwicklung und Anwendung von authentischen Testverfahren, welche nicht nur das Ergebnis eines Problemlöseprozesses messen, sondern auch den Prozess an sich, d. h. mögliche Zwischenzustände im Laufe der Problemlösung (Wirth & Klieme, 2003). Dabei hat sich gezeigt, dass *Computer Based Assessments* stark mit den Ergebnissen direkter Beobachtung korrelieren (Schreiber, Theyßen & Schecker, 2014; Shavelson et al., 1999). Sie erlauben es simulierte Experimente einzusetzen, welche aufgrund von fehlender Zeit oder Equipment nicht als Realexperiment umsetzbar sind (Chinn & Malhotra, 2002a). Jedoch werden in *Computer Based Assessments* die relevanten Variablen vordefiniert, und die Komplexität der Realität wird stark reduziert. Das *Computer Based Assessment* wird vor dem Hintergrund der richtigen Variablen und zugrundeliegenden Mechanismen und Modelle programmiert und erlaubt der_dem Proband_in nicht, alternative Modelle oder neue Variablen zu untersuchen. Zudem wird bei computerbasierten Testverfahren der Aspekt der manuellen Fertigkeiten vernachlässigt (Schecker & Parchmann, 2006).

Performance Assessments

Die höchste Korrelation mit direkter Beobachtung wurde bisher mit sogenannten *Hands On Formaten* oder *Performance Assessments* (z. B. Beaumont-Walters & Soyibo, 2001; Germann, Aram & Burke, 1996a; Germann, Aram, Odom & Burke, 1996b; Germann & Aram, 1996; Tamir et al., 1982; Temiz et al., 2006) erreicht. Diese unterscheiden sich von den oben genannten Aufgabenformaten insbesondere dadurch, dass sie die tatsächliche ausgeführte manuelle Durchführung von Experimenten einbeziehen

und damit anwendungsorientierte Bedingungen zum praktischen Handeln und Arbeiten schaffen (Aschbacher, 1991). Der Begriff *Performance Assessment* wird in der Literatur nicht einheitlich verwendet und subsummiert folglich eine Vielzahl unterschiedlicher Testformate. Die hier verwendete Definition fokussiert insbesondere die Testsituation mit dem Ziel der Erfassung von Experimentierkompetenzen. *Performance Assessment* wird daher in Anlehnung an Ruiz-Primo und Shavelson (1996) und die NRC (1996) definiert als „[...] an assessment that provides students with laboratory equipment, poses a problem, and allows students to use these resources to generate a solution“ (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996, S. 1045). *Performance Assessments* beziehen demzufolge das praktische Arbeiten ein und kombinieren auf diesem Weg mehrere Aspekte von Experimentierkompetenzen, wie beispielsweise kognitive Fähigkeiten (Denkweisen) und manuelle Fertigkeiten (Arbeitstechniken). Damit kommen *Performance Assessments* der Forderung nach, die Bildungsziele der Standards im Bereich der Erkenntnisgewinnung überprüfbar zu machen (Hartig & Klieme, 2006; KMK, 2005a, KMK, 2005b, KMK, 2007) und erhöhen die Aussagekraft von Leistungsprüfungen (Aschbacher, 1991). Bezeichnend für *Performance Assessments* ist, dass sie authentisch sind, indem komplexe und facettenreiche Phänomene aus einem lebenswirklichen Kontext erarbeitet werden (Aschbacher, 1991; Bergen, 1993; Slater & Ryan, 1993). Proband_innen werden zum Agieren und Reagieren aufgefordert und damit zu einer aktiven Konstruktion von Wissen bewegt (Stebler et al., 1998). Dabei ist nicht nur reines Wissen erforderlich, sondern auch wissenschaftliches Verständnis, wissenschaftliches Denken und Problemlösen (Aschbacher, 1991; Shavelson et al., 1991). *Performance Assessments* berücksichtigen die Interaktion zwischen Proband_in und Aufgaben und erfordern daher flexibles Denken und Handeln in sich wandelnden Situationen. Die Bewertung der Leistung erfolgt nicht nur über das Produkt des Lösungsprozesses, sondern auch über den Prozess und das entsprechende Handeln (Aschbacher, 1991). *Performance Assessments* können auf individuelle oder gruppenbasierte Testsituationen ausgerichtet sein, wobei die individuelle Leistungserfassung zentraler Bewertungsgegenstand ist (Bergen, 1993).

Wesentliche Komponenten von *Performance Assessments* werden in Abbildung 11 (Seite 40) dargestellt (Ayala, Shavelson, Yin & Schultz, 2002; Ruiz-Primo & Shavelson, 1996; Shavelson, Solano-Flores & Ruiz-Primo, 1998).

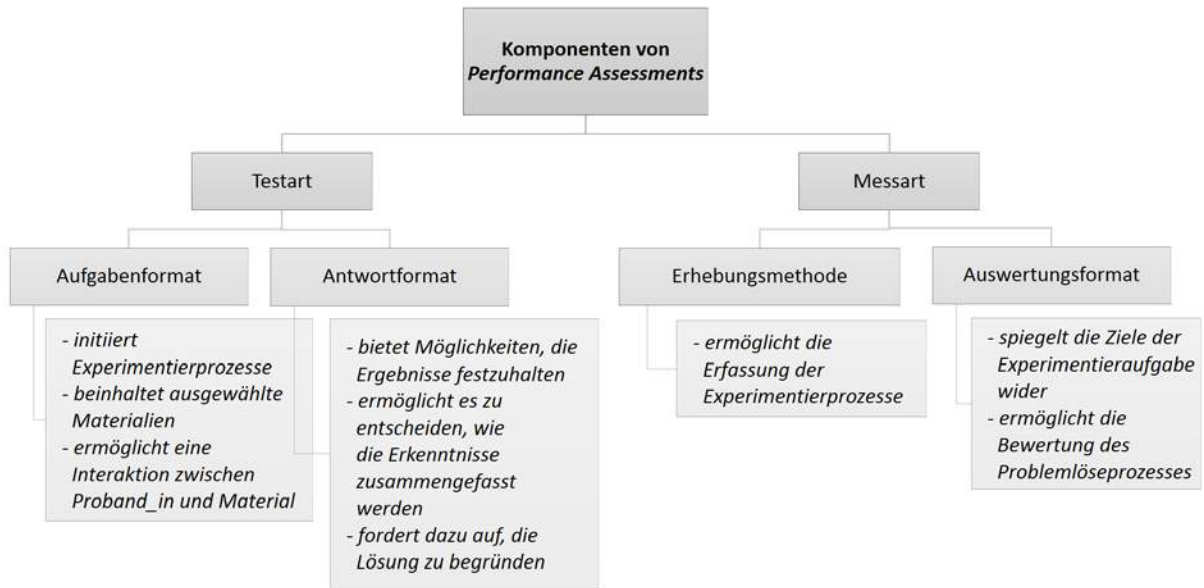


Abbildung 11. Komponenten von Performance Assessments (in Anlehnung an Ruiz-Primo & Shavelson, 1996, S. 1047).

Die Aufgabe (Performance Task) ist eine strukturierte Situation, in der die_der Proband_in dazu aufgefordert wird, eine naturwissenschaftliche Untersuchung durchzuführen und sich mit ausgewählten Materialien auseinanderzusetzen (Stecher, 2010). Der Umgang mit den Materialien ermöglicht eine Interaktion zwischen der_dem Proband_in und dem Material (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). „Strukturiert“ bedeutet, dass die Aufgabe beschränkt ist, beispielsweise in Bezug auf die verfügbare Zeit, den Raum oder den Zugang zu Materialien. Diese standardisierte Situation macht es möglich, die Aufgabe zu reproduzieren und gewährleistet damit die Vergleichbarkeit der Proband_innen. Diese Strukturiertheit schließt einen direkten Eingriff in den Prozess jedoch aus, zum Beispiel durch Fragen des Testleitenden an die Versuchspersonen oder umgekehrt. Eine Aufgabe beginnt mit einem Impuls in Form von Material oder Informationen, welcher als Grundlage für den Lösungsprozess dient. Dieser Impuls kann beispielsweise ein mathematisches Problem, ein Text, ein Graph oder eine Abbildung sein. Der Impuls lässt den weiteren Weg offen und führt, im Gegensatz zu *Multiple Choice Items*, nicht zu einer begrenzten Anzahl an Antwortmöglichkeiten. Diese Offenheit ermöglicht eine stärkere Vielfalt und einen höheren Grad an Komplexität von Lösungswegen im Vergleich zu geschlossenen Aufgabenformaten. Trotz dieser Offenheit muss eine Aufgabe ausreichend Hinweise geben, damit alle Testpersonen das gleiche Verständnis davon haben, was bei der Bearbeitung mit der Aufgabe von ihnen erwartet wird. Zudem müssen diese Hinweise sicherstellen, dass der zu untersuchende Kompetenzbereich gezeigt wird und somit beobachtet und gemessen werden kann (Stecher, 2010).

Das Antwortformat (Response Demand) ermöglicht der_dem Proband_in das Festhalten und Zusammenfassen von Ergebnissen sowie deren Auswertung (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). Es kann zudem als Datenquelle für die Auswertung herangezogen werden und fungiert damit ebenfalls als eine Erhebungsmethode. Dabei stellt sich die Frage, mit welchen Antwortformaten sichergestellt werden kann, dass Proband_innen einerseits das protokollieren, was sie gemacht haben, und andererseits auch das gemacht haben, was sie protokollieren (Gut-Glanzmann, 2012).

Die Erhebungsmethode (Data Collection Method) erfasst den Experimentierprozess und gilt als Grundlage für dessen Bewertung. Die Erfassung kann beispielsweise durch direkte Beobachtung oder durch Audio und/oder Videoaufnahmen erfolgen. Weitere mögliche Methoden zur Erfassung der Experimentierkompetenz sind beispielsweise *Paper Pencil Tests* im *Multiple Choice Format* (Baxter & Shavelson, 1994) mit Kurz- und Langsatzantworten (z. B. HarmoS, 2009¹; Hammann et al., 2008b; Harmon, 1997; Solano-Flores et al., 1999) oder auch Mischformen daraus. Andere Studien verwenden das strukturierte Interview als Erhebungsmethode (z. B. Baxter, Elder & Glaser, 1994).

Das Auswertungsformat (Scoring System) spiegelt die Ziele der Aufgabe wider und ermöglicht die Bewertung des Problemlöseprozesses (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). Es beschäftigt sich mit der Frage der geeigneten Kodierung (Gut-Glanzmann, 2012) und ist üblicherweise vollständig entwickelt, bevor die Aufgabe konzipiert und die Daten erhoben werden. In einigen Fällen kann das Auswertungsformat, das zunächst von theoretischen Kriterien ausgeht, induktiv auf der Basis der erhobenen Daten erweitert werden, wenn die_der Proband_in beispielsweise Kompetenzaspekte zeigt, die in das Auswertungsformat noch nicht integriert sind (Stecher, 2010).

Ähnlich der Klassifizierung von Unterrichtsexperimenten (vgl. Kapitel 2.1.3, Seite 17ff.) kann auch das Aufgabenformat von *Performance Assessments* auf Grundlage unterschiedlicher Kriterien wie zum Beispiel dem Grad ihrer Strukturierung zwischen hoch strukturiert (*Recipe Mode*) und weniger strukturiert (*Discovery Mode*), klassifiziert werden. In Tabelle 8 sind weitere in der Literatur beschriebene Kriterien aufgeführt. Entscheidend bei dem Grad der Strukturierung ist, inwiefern die Teilaspekte des Experiments wie etwa die Definition eines zu untersuchenden Problems, die Planung und Ausführung einer Untersuchung sowie die Datenanalyse und -interpretation offenbleiben oder mithilfe von Hinweisen vorgegeben bzw. angeleitet werden (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996; Shavelson et al., 1998).

Tabelle 8. Kriterien für die Klassifizierung von *Performance Assessments* sowie deren Ausprägung (*Range*).

<i>Criterion (Source)</i>	<i>Range</i>	
<i>structure (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996)</i>	low	high
<i>stimulus materials (Stecher, 2010)</i>	complex	simple
<i>response options (Stecher, 2010)</i>	open	constrained
<i>demanded content knowledge (Baxter & Glaser, 1998)</i>	rich	lean
<i>demanded process skills (Baxter & Glaser, 1998)</i>	open	constrained
<i>subject field (Stecher, 2010)</i>	less discipline bound	high discipline bound

¹ Konsortium HarmoS Naturwissenschaften+

Zur Erhebung von Experimentierkompetenzen liegen bereits mehrere Arbeiten vor, in deren Rahmen unterschiedliche *Performance Assessments* entwickelt wurden (z. B. Arndt, 2016; Aufschneider & Rogge, 2010; Baxter, Shavelson, Goldman & Pine, 1992; Gott et al., 1985; Gott & Murphy, 1987; Meier, 2016; Murphy & Gott, 1984; Schauble et al., 1992). Diese unterscheiden sich vor allem in Bezug auf die verwendete Erhebungsmethode. Umfangreiche Übersichten finden sich unter anderem in Temiz et al. (2006), Gut-Glanzmann (2012), Arnold (2015), Emden (2011) oder Meier (2016).

Herausforderungen von *Performance Assessments*

Technische Herausforderungen bei der Erhebung von Experimentierkompetenzen mithilfe von *Performance Assessments* sind auf der einen Seite die hohe Investition zeitlicher, materieller sowie personeller und logistischer Ressourcen. *Performance Assessments* werden als enorm kostenintensiv und aufwändig in der Durchführung beschrieben (Stecher & Klein, 1997), da bereits in der Aufgabenentwicklung jeder Optimierungsschritt aufgrund der benötigten Materialien zusätzliche Kosten verursacht (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996; Shavelson, Baxter & Gao, 1993; Solano-Flores & Shavelson, 1997). Dieser hohe Aufwand an Ressourcen erschwert es, *Performance Assessments* für die Testung großer Stichproben zu implementieren (Champagne & Newell, 1992). Auf der anderen Seite stellt die hohe Komplexität der Anforderungen eine große Herausforderung beim Einsatz von *Performance Assessments* dar. Es ist daher schwierig, Experimente auf einer tiefen theoretischen Ebene der Analyse durchzuführen. Um dieser Schwierigkeit zu begegnen, werden *Hands On Aufgaben* häufig für weniger komplexe Szenarien oder Kontexte genutzt (z. B. das Mischen von heißem und kaltem Wasser, Germann & Aram, 1996) und fokussieren eher beobachtbare Phänomene als die zugrundeliegenden Theorien zu untersuchen (Chinn & Malhotra, 2002a). Weiter kann das *Performance Assessment* in Kleingruppen erfolgen, was wiederum eine individuelle Testung erschwert (Enger & Yager, 1998).

Die **Objektivität** von *Performance Assessments* wird in der Regel anhand der Übereinstimmung der Einschätzungen mehrerer unabhängiger Beurteiler_innen bestimmt. Dabei wird angenommen, dass mit steigender Komplexität der zu beurteilenden Aspekte die Einheitlichkeit der Bewertungen zwischen den Beurteiler_innen abnimmt (Shavelson et al., 1993). Durch zeit- und kostenintensive Trainings werden dennoch zuverlässige und konsistente Beurteilerübereinstimmungen erreicht (u. a. (Dunbar, Koretz & Hoover, 1991; Miller & Linn, 2000).

Eine weitere Herausforderung von *Performance Assessments* ist, dass innerhalb vieler Studien die Korrelationen zwischen den Leistungen in verschiedenen Aufgaben differieren. Diese Leistungsunterschiede werden als Indiz für eine mangelnde **Reliabilität** des *Performance Assessments* herangezogen. Mögliche Ursachen für diese Leistungsunterschiede werden unter anderem mit der Variation der Aufgaben erklärt (Brown, Moore, Silkstone & Botton, 1996; Kok-Auntoh & Woolnough, 1994; Shavelson et al., 1993). Auch der Messzeitpunkt scheint ausschlaggebend für das Ergebnis zu sein, da die Leistungen meist zu einem einzigen Zeitpunkt erhoben werden (Cronbach, Linn, Brennan & Haertel, 1997; Shavelson et al., 1999; Webb, Schlackman & Sugrue, 2000). Um diesen Effekten entgegenzuwirken, können die Leistungen der Proband_innen zu mehreren Zeitpunkten erhoben werden. Außerdem erlaubt der Einsatz mehrerer, inhaltlich unterschiedlicher Aufgaben verallgemeinernde Schlüsse zu den Leistungen der Proband_innen. Die Empfehlungen zu einer Mindestanzahl an Aufgaben schwanken von drei bis zu mehr als 20 Aufgaben (Gao, Shavelson & Baxter, 2009; Shavelson et al., 1993; Webb et

al., 2000). Die Frage nach einer allgemeingültigen Mindestanzahl, die reliable Ergebnisse gewährleistet, ist daher noch nicht abschließend geklärt (Stecher, 2010).

Die **Konstruktvalidität** von *Performance Assessments* (z. B. AERA et al., 2014; Döring & Bortz, 2016; Moosbrugger, 2007) stellt die fachdidaktische Forschung vor große Herausforderungen. Die Inhaltsvalidität, als ein Aspekt der Konstruktvalidität (z. B. Döring & Bortz, 2016; Hartig, Frey & Jude, 2007), stellt die Verbindung zwischen dem gedanklich-theoretischen Konstrukt und dessen Messung durch eine aus Indikatoren bestehende Skala dar. Sie lässt sich typischerweise nicht objektiv mit einer statistischen Kenngröße feststellen und wurde in der vorliegenden Studie mithilfe von Expertenratings oder einer engen Orientierung an Lehrplänen und Curricula sichergestellt. Allerdings wird das Konstrukt Experimentierkompetenz in der Literatur sehr unterschiedlich operationalisiert, da den Studien unterschiedliche Modelle zugrunde liegen. Die Differenzen in der Auswahl und Beschreibung von Teilkompetenzen und deren inhaltliche Strukturierung erschweren die Vergleichbarkeit von verschiedenen Studien.

Die konvergente Validierung von *Performance Assessments* erfolgt üblicherweise über den Vergleich unterschiedlicher Messmethoden. Hier wurden in der Vergangenheit häufig Leistungsdaten aus *Performance Assessments* mit denen anderer Testformate wie *Paper Pencil Tests* oder *Computer Based Assessments* korreliert (Shavelson et al., 1999). Auffällig ist, dass besonders die schriftlichen Testformate lediglich gering mit den Leistungsdaten aus *Performance Assessments* korrelieren (z. B. Baxter et al., 1992; Baxter & Shavelson, 1994; Brown, Pacini & Taylor, 1992; Shavelson et al., 1991; Stecher et al., 2000). Diese Ergebnisse mit einer unzureichenden Konvergenzvalidität des *Performance Assessments* zu erklären (Shavelson et al., 1998), ist jedoch diskussionswürdig. Vielmehr kann daraus geschlossen werden, dass *Performance Assessments* einen anderen Aspekt von Experimentierkompetenzen erheben und somit zusätzliche Informationen liefern (z. B. Gott & Duggan, 2002; Swanson, Norman & Linn, 1995).

Aufgrund der hohen Komplexität von Experimentierprozessen und der Unterschiedlichkeit der beteiligten Kompetenzaspekte ist eine Kombination mehrerer Testformate am besten geeignet, um Experimentierkompetenzen umfassend zu erheben (Hammann et al., 2008b; Temiz et al., 2006). Problematisch hierbei ist allerdings der hohe materielle und zeitliche Aufwand.

Messarten

Die Frage nach geeigneten Messarten (vgl. Abbildung 11, Seite 40) für die Erhebung und Bewertung von Experimentierkompetenzen umfasst zweierlei: die Frage nach einer geeigneten Erhebungsmethode (*Data Collection Method*) und die Frage nach einem entsprechenden Auswertungsformat (*Scoring System*). In Bezug auf *Performance Assessments* kann die Erhebung der Kompetenzen beispielsweise mithilfe der Videographie, des Lautes Denkens oder mit Interviews erfolgen (siehe Kapitel 3.2.1, Seite 86ff.). Das Auswertungsformat (*Scoring System*) ermöglicht die Interpretation der erhobenen Kompetenzen. Hier liegen in der Literatur unterschiedliche Instrumente wie beispielsweise Kategoriensysteme zur Beurteilung von Niveaustufen vor, welche der Zielsetzung der jeweiligen Studie entsprechend variieren.

Auswertungsformate

Arnold et al. (2012) konzipierten einen Test zur Erhebung von Kompetenzen wissenschaftlichen Denkens für den spezifischen Einsatz in der Sekundarstufe II. Sie formulierten dichotome Items für die Teilkompetenzen *Hypothese* und *Datenauswertung*, wie sie beispielhaft in Tabelle 9 für die Teilkompetenz *Hypothese* aufgeführt sind. In diesem Beispiel beschreiben die Items den Umgang mit Variablen, die Form der Hypothese, dessen Begründung und den Umgang mit alternativen Hypothesen.

Tabelle 9. Kompetenzaspekte und Anforderungen der Teilkompetenz *Hypothese* nach Arnold et al. (2012, S. 12).

<i>Kompetenzaspekt</i>	<i>Anforderungen</i>
	<i>Die Schüler sollen eine wissenschaftliche Hypothese formulieren und dazu...</i>
<i>Abhängige Variable</i>	...die abhängige (zu messende) Variable identifizieren können
<i>Unabhängige Variable</i>	...eine unabhängige (zu untersuchende) Variable benennen können
<i>Vorhersage</i>	...die Variablen in Form einer Vorhersage der erwarteten Ergebnisse formulieren können
<i>Begründung</i>	...ihre Hypothese begründen können
<i>Alternative Hypothesen</i>	...alternative Hypothesen benennen können

Für die Teilkompetenz Planung wurden fünf polytome Items in Form von Niveaustufen definiert, welche Qualitätsunterschiede in den Antworten der Schüler_innen berücksichtigen (Arnold et al., 2012; Arnold, Kremer & Mayer, 2014). Tabelle 10 zeigt die Niveaustufen 0 bis III für die Aspekte Abhängige Variable, Unabhängige Variable, Störvariablen, Messzeiten und Wiederholung.

Tabelle 10. Codierschema zur „Planung“ (Arnold et al., 2012, S. 15).

≡	Messung der abhängigen Variable	Variation der unabhängigen Variable mit Spezifikation der Quantität	Berücksichtigung von mehr als zwei Störvariablen	Berücksichtigung von Messzeit, -dauer und -intervall	Wiederholung mit gleichem und unterschiedlichen Objekten
=	Beobachtung der abhängigen Variable	Variation der unabhängigen Variable mit Spezifikation der Qualität	Berücksichtigung einer oder zweier Störvariablen	Berücksichtigung zweier Aspekte (Messzeit, -dauer und/oder -intervall)	Wiederholung mit gleichem Objekt
-	Unspezifische Beobachtung	Variation der unabhängigen Variable ohne Spezifikation	Unspezifische Berücksichtigung der Störvariablen	Berücksichtigung von Messzeit oder -dauer oder -intervall	Wiederholung mit unterschiedlichen Objekten
○	Keine Beobachtung/ Messung der abhängigen Variable	Keine Variation der abhängigen Variable	Keine Berücksichtigung der Störvariablen	Keine Berücksichtigung von Messzeit, -dauer und -intervall	Keine Wiederholung
	Abhängige Variable	Unabhängige Variable	Störvariablen	Messzeiten	Wiederholung

Die Bewertung der Qualität von Experimentierprozessen erfolgte bisher meist mithilfe quantitativer Forschungsmethoden (z. B. Arnold, 2015; Grube, 2010; Hammann et al., 2008b). Da für die Erhebung überwiegend *Large Scale Verfahren* zum Einsatz kamen, wurden die handlungsorientierten Aspekte, insbesondere die Phase der *Durchführung*, bisher stark vernachlässigt. Diesem Desiderat widmet sich Meier (2016), indem sie, aufbauend auf bestehende Auswertungsformate, ein Instrument zur Beurteilung von Experimentierprozessen entwickelte, welches auch die Durchführungsphase berücksichtigt (Abbildung 12). Das Instrument ist auf vier Ebenen strukturiert und umfasst auf der ersten Ebene die

vier Facetten *Hypothesen, Planung, Durchführung* und *Deutung der Ergebnisse*. Auf der zweiten Ebene sind die Facetten in insgesamt zehn Unterfacetten strukturiert, welche auf der dritten Ebene in jeweils ein bis drei Oberkategorien strukturiert sind. Die vierte Ebene beschreibt je Oberkategorie drei bis sechs Subkategorien (Meier, 2016).

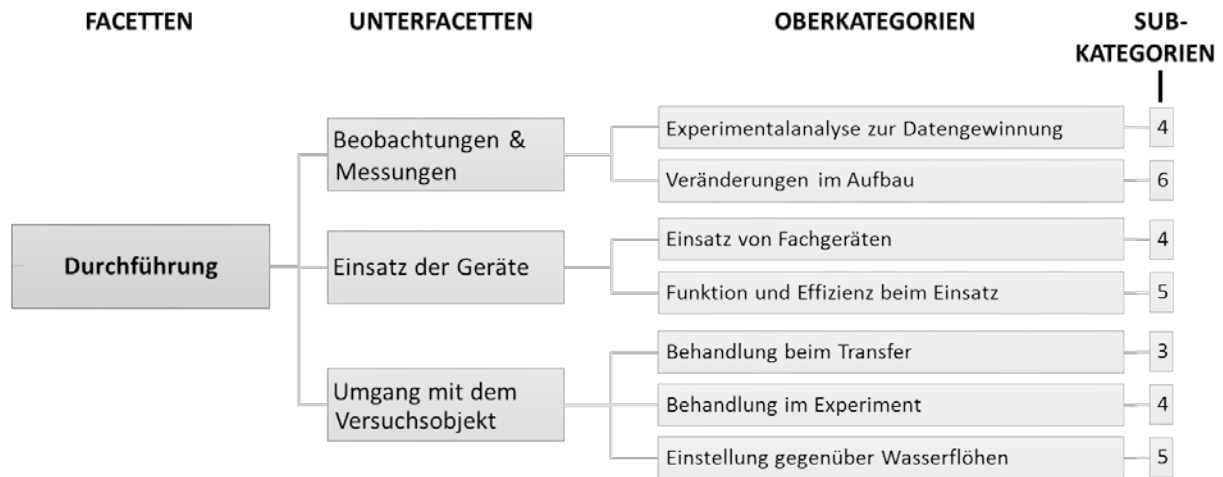


Abbildung 12. Kategoriale Übersicht zum Beurteilungsinstrument der „Durchführung“ (Meier, 2016, S. 177).

Bedeutung von Lerngelegenheiten

Der Begriff *Lerngelegenheit* kann als eine Gelegenheit für den Aufbau von Kompetenzen verstanden werden. In der Literatur wird hier, wie in Abbildung 13 (Seite 45) dargestellt, zwischen formalen, non-formalen und informellen Lerngelegenheiten unterschieden (Bauer et al., 2010; Eraut, 2004; Habben, Rau & Schwippert, 2013; Rauschenbach, 2004; Tynjälä, 2008). Unter ersteren werden diejenigen Lerngelegenheiten zusammengefasst, die in formell ausgewiesenen Bildungseinrichtungen wie Universitäten angeboten werden und zu qualifizierbaren Abschlüssen führen. Nicht-formale Lerngelegenheiten sind ebenfalls an einer solchen strukturierten Institution angesiedelt, ihre Nutzung vollzieht sich jedoch auf freiwilliger Basis und ist durch ein hohes Maß an individuellen Gestaltungsmöglichkeiten gekennzeichnet (Rauschenbach, 2004). Dagegen befinden sich informelle Lerngelegenheiten außerhalb dieser institutionellen Systeme und stehen in einem lebensweltlichen Zusammenhang (Kunina-Habenicht et al., 2013; Kunter, Kleickmann, Klusmann & Richter, 2011; Rauschenbach, 2004).

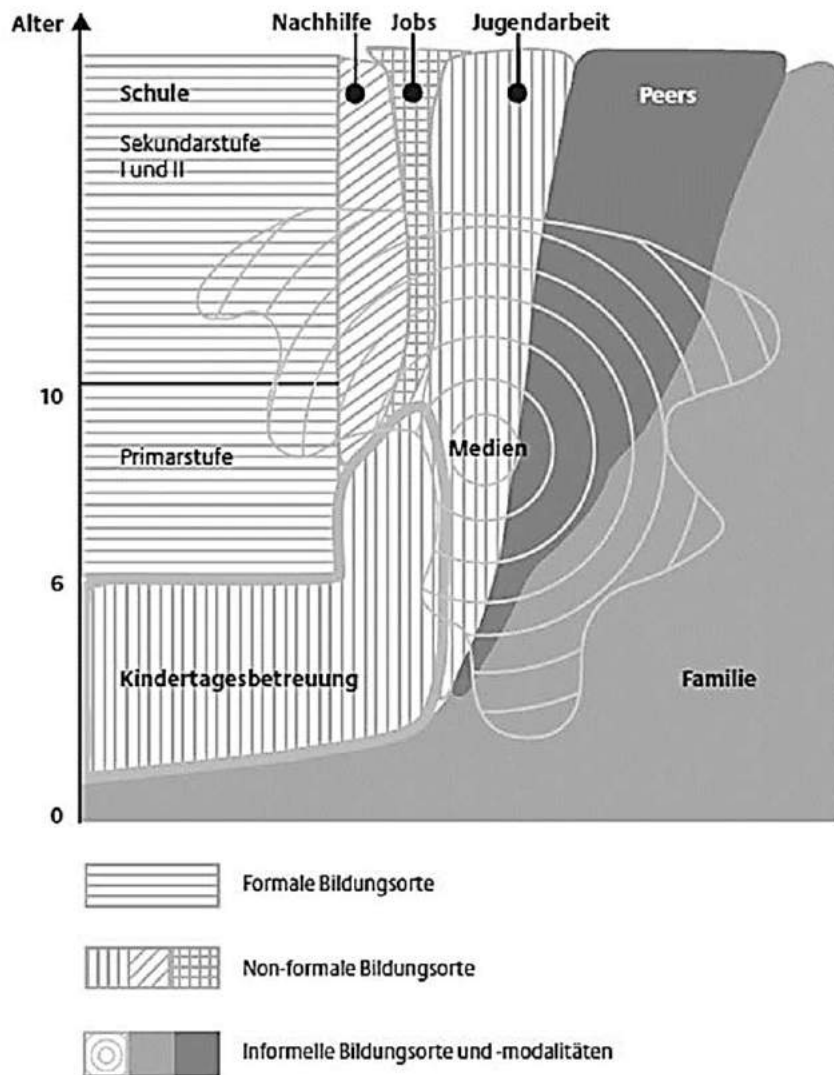


Abbildung 13. Formale, non-formale und informelle Bildungsorte und Modalitäten bei Kindern und Jugendlichen (Rauschenbach, 2004, S. 31).

Im Sinne des Angebots-Nutzungs-Modells (Helmke, 2012; Kunter et al., 2011) kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass der Kompetenz- und Wissensaufbau automatisch durch das Anbieten von Lerngelegenheiten erfolgt. Kompetenz- und Wissenserwerb sind auch maßgeblich von der individuellen Nutzung dieser Lerngelegenheiten abhängig, bedingt durch kognitive, motivationale und persönlichkeitsbezogene Voraussetzungen (Kunter et al., 2011). Die Wechselwirkung der Determinanten und Konsequenzen für die professionelle Kompetenz von Lernenden ist beispielhaft für die vorliegende Studie in

Abbildung 14 (Seite 47) dargestellt. Mit dieser Dynamik besteht möglicherweise eine Diskrepanz zwischen den angebotenen Lerngelegenheiten und der professionellen Kompetenz der Lernenden. Diese Befunde weisen darauf hin, dass für die Erhebung von Lerngelegenheiten die Beschränkung auf die Analyse der absolvierten Lernangebote nicht ausreicht, um die fachlichen und methodischen Kompetenzen der Lernenden zu erfassen. Die alleinige Erhebung absolvierten Lernangebote würde zum einen die informellen Lerngelegenheiten vernachlässigen; zum anderen lässt es keinen direkten Rückschluss auf die Kompetenz der Lernenden zu.

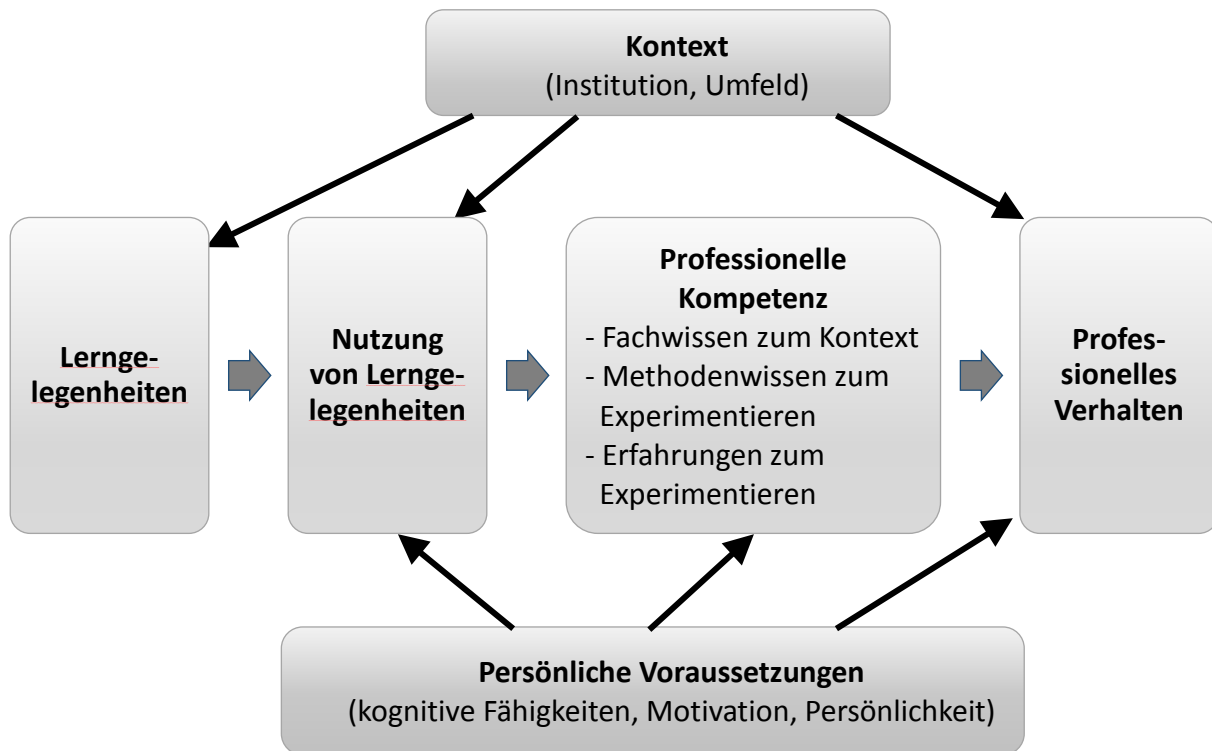


Abbildung 14. Determinanten und Konsequenzen der professionellen Kompetenz in Bezug auf die vorliegende Studie, verändert nach Kunter (2011).

2.1.6 Zusammenfassung

In einer Zeit wachsender Komplexität gesellschaftlicher, politischer, wirtschaftlicher und technologischer Probleme spielt der Erwerb einer **naturwissenschaftlichen Grundbildung** eine zunehmend große Rolle (Bybee, 2002). Ein wesentlicher Teil dessen umfasst das Erlernen von Experimentierkompetenzen als eine Möglichkeit **naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung** (z. B. Bybee, 2000; Mayer, 2007; Roberts, 2001). Diese kann aus kognitionspsychologischer Perspektive als **Problemlöseprozess**, als Interaktion zwischen Problemlöser_in, Kontext und Aufgabe, modelliert werden (Frensch & Funke, 1995). Der Prozess des Problemlösens wird auf Grundlage der vier Merkmale kognitiv, prozessorientiert, gerichtet und personenbezogen beschrieben (Baker & Mayer, 1999). Die Theorie des Problemlösens eignet sich aufgrund der prozessorientierten, dynamischen Merkmale besonders für die theoriebezogene Modellierung von Experimentierkompetenzen.

Das **Experiment** als naturwissenschaftliche Erkenntnismethode dient der Untersuchung kausaler Zusammenhänge (z. B. Nachtigall, 1975). Es ist ein komplexes Konstrukt bestehend aus naturwissenschaftlichen Denkweisen, manuellen Fertigkeiten und Wissenschaftsverständnis, welche in Wechselwirkung miteinander stehen (Mayer, 2007). In Anlehnung an bestehende Kompetenzdefinitionen umfasst Experimentierkompetenz in diesem Zusammenhang auf der einen Seite das Wissen über den Experimentierprozess als kognitive Voraussetzung (kognitive Aspekte) und auf der anderen Seite handlungsbezogene Aspekte als Voraussetzung für dessen Umsetzung, also die Bedingungen zur erfolgreichen Anwendung des Wissens (Hülsmann & Müller-Martini, 2006; Klieme & Leutner, 2006).

Die **Modellierung von Experimentierkompetenzen** kann auf der Grundlage von Kompetenzstruktur- und Niveaumodellen erfolgen. Kompetenzstrukturmodelle bilden die Dimensionen einer Kompetenz ab, während Kompetenzstufenmodelle deren Graduierung in Form von Niveaustufen beschreiben (Klieme & Leutner, 2006; Klieme et al., 2007a). Das *Strukturmodell zum Experimentieren* von Kambach et al. (in Vorbereitung; 2013) ist aufgrund der hohen Differenziertheit, vor allem in der Phase der *Durchführung*, besonders für die detaillierte Analyse von Experimentierprozessen geeignet. Arndt (2016) untersuchte in ihrer Studie die Struktur des Modells auf Ebene der Phasen und bestätigte das Vorkommen der Experimentierphasen in den Daten. Auf Ebene der Teilphasen und Aspekte liegen bisher noch keine Ergebnisse vor. Es ist noch offen, inwiefern das *Strukturmodell zum Experimentieren* auf einen biologischen Kontext übertragbar ist und inwiefern sich die theoriebasiert hergeleitete Struktur auch auf Ebene der Teilphasen und Aspekte zeigt.

Kompetenzniveaumodelle zur Beurteilung von Niveaustufen der unterschiedlichen Experimentierphasen liegen bereits vor (Arnold, 2015; Grube et al., 2007; Grube, 2010; Meier, 2016). Da für die Erhebung von Experimentierkompetenzen bisher jedoch überwiegend auf *Large Scale Verfahren* zurückgegriffen wurde, blieb die Phase der *Durchführung* stark vernachlässigt. Das von Meier (2016) vorgeschlagene Instrument hat sich für die Analyse qualitativer Daten bewährt. Inwiefern die bestehenden Instrumente mit dem *Strukturmodell zum Experimentieren* kompatibel sind und sich auf dieses Modell anwenden lassen, bedarf einer eingehenden Prüfung.

Für die **Erfassung von Experimentierkompetenzen** eignen sich je nach Zielstellung der Untersuchung unterschiedliche **Testarten** (Gut-Glanzmann, 2012). *Paper Pencil Tests* erfassen insbesondere kognitive Aspekte der Experimentierkompetenz und sind aufgrund ihrer Testökonomie besonders für die Untersuchung großer Stichproben geeignet (Shavelson et al., 2005). *Computer Based Assessments* haben sich als eine geeignete Alternative zu *Paper Pencil Tests* herausgestellt. Sie erfassen ebenfalls die kognitiven Aspekte, fokussieren jedoch verstärkt den Prozess (Künsting et al., 2008). *Performance Assessments* sind für die Erhebung von prozeduralen Kompetenzen und insbesondere für manuelle, handlungsbezogene Aspekte geeignet, da sie, im Gegensatz zu den beiden vorgenannten Verfahren, eine Rückkopplung der Experimentierumgebung zulassen (Aschbacher, 1991). *Performance Assessments* sind jedoch mit hohem Aufwand an Ressourcen verbunden (z. B. Ruiz-Primo & Shavelson, 1996) und die Sicherstellung der Gütekriterien geeigneter Auswertungsinstrumente stellt eine besondere Herausforderung dar.

Da die Erhebung von Experimentierkompetenzen bisher vornehmlich mit *Large Scale Assessments* wie *Paper Pencil Tests* erfolgte, blieben in entsprechenden **Auswertungsformaten** (*Scoring Systems*) die handlungsorientierten Aspekte, insbesondere die Phase der *Durchführung*, bisher unberücksichtigt. Eine erste Berücksichtigung der Durchführungsphase nehmen Meier (2016), Arndt (2016) und Schmidt (2016) vor. Aufbauend auf bestehenden Auswertungsformaten entwickelte Meier (2016) ein Instrument für die qualitative Beurteilung von Experimentierprozessen. Schmidt (2016) entwickelte ein Instrument für die quantitative Analyse von Experimentierkompetenzen von Schüler_innen. Für diesen Zweck operationalisierte sie auch die Phase der *Durchführung*. Arndt (2016) legte das *Strukturmodell zum Experimentieren* zugrunde, konnte bei der Beurteiler-Übereinstimmung jedoch lediglich auf der ersten Ebene der Phasen gute bis sehr gute Übereinstimmungswerte erreichen. Inwiefern die

bestehenden Auswertungsinstrumente mit dem *Strukturmodell zum Experimentieren* an einen biologischen Kontext anpassbar sind, ist noch unklar und bedarf einer eingehenden Prüfung.

Kompetenzen werden im Rahmen von formalen, non-formalen und informellen **Lerngelegenheiten** erworben (Rauschenbach, 2004). Jedoch sind der Kompetenz- und Wissenserwerb auch maßgeblich von der individuellen Nutzung dieser Lerngelegenheiten abhängig bedingt durch persönlichkeitsbezogene Voraussetzungen (Kunter et al., 2011).

2.2 Stand der Forschung

2.2.1 Erkenntnisse zu Prozessstrukturen

Bisher widmen sich nur wenige Studien der Frage, welche Strategien Individuen beim Experimentieren verfolgen (z. B. Arndt, 2016; Dunbar & Klahr, 1989; Meier, 2016; Park et al., 2009; Schauble et al., 1992). Eine entscheidende Frage bei der Untersuchung solcher ist, wie das Grundelement der Typen definiert ist; hierbei werden beispielsweise einzelne Proband_innen (Dunbar & Klahr, 1989; Meier, 2016), bestimmte Ereignisse oder Handlungen (Arndt, 2016) betrachtet. Weiterhin liegen der Typisierung von Experimentierprozessen unterschiedliche Merkmale zugrunde, anhand derer sich die Typen unterscheiden (Kelle & Kluge, 2010). Ein häufig verwendetes Merkmal ist der Phasenwechsel, d. h., in welcher Reihenfolge ein_e Experimentierende_r Handlungen vollzieht oder Prozesse durchläuft, die den unterschiedlichen Phasen eines Experiments wie beispielsweise der *Frage*, *Hypothese* oder *Planung* eines Experiments zugeordnet sind.

Klahr und Dunbar (1988) untersuchten die Problemlösestrategien von Erwachsenen bei der Durchführung eines Experiments. Sie konnten feststellen, dass die Proband_innen zwei unterschiedliche Strategien verfolgten und ordneten die Proband_innen dementsprechend den „Experimentatoren“ und den „Theoretikern“ zu. Proband_innen, die eine theoriegesteuerte Herangehensweise wählten, tendierten dazu, zunächst Hypothesen zu generieren und anschließend ein Experiment zu konzipieren, um die Hypothese zu überprüfen, d. h. durch Deduktion. Die „Experimentatoren“ neigten dazu, „datengesteuerte“ Experimente zu konzipieren; sie generierten zunächst Daten und formulierten anschließend eine Hypothese, welche die Daten am besten geeignet zusammenfasst oder erklärt; d. h. durch Induktion. Vergleichbare Strategien wurden auch bei Kindern beobachtet (Dunbar & Klahr, 1989; Schauble, 1990). In einer Studie zur Interaktion von domänenspezifischem Wissen und generellen Problemlösestrategien bei 10- bis 14-jährigen Schüler_innen zeigten Penner und Klahr (1996), dass sich die Zehnjährigen, die eher den Experimentatoren zugeordnet werden konnten, eher an der Hypothese orientierten (*hypothesis orientation*; „*I wonder if...*“). Die 14-Jährigen, welche eher den Theoretikern zugeordnet wurden, orientierten sich dagegen tendenziell an einer Vorhersage (*prediction orientation*; „*I believe that...*“). In Bezug auf die Koordination von Theorie und Evidenz beschreiben Zimmerman, Raghavan und Sartoris (2003) ergänzend drei unterschiedliche Strategien im Umgang mit Theorien: Die Theoretiker evaluierten Evidenz und (1) revidierten ihre Theorie entweder auf der Grundlage von kontrollierten Experimenten (*theory-modifying*), oder (2) sie interpretierten die Evidenz theoriekonform (*theory-preserving*). Die Experimentatoren (3) formulierten keine Theorie. Sie leiteten aus ihren Experimenten eher eine quantitative Regel ab (*theory-generating*). Arndt (2016) ging der

Frage nach, inwiefern Lehramtsstudierende der Chemie bei der Bearbeitung einer *Hands On* Experimentieraufgabe unterschiedliche Prozessmuster im Verlauf des Experiments zeigen. In dieser Videostudie analysierte Arndt (2016) die Vorgehensweise von 17 Lehramtsstudierenden bei der praktischen Durchführung von Experimenten (vgl. Abbildung 15). In nahezu allen Fällen untersuchten die Proband_innen innerhalb eines Experimentierprozesses mehrere Einflussfaktoren (Variablen). Die der Typisierung zugrundeliegenden Merkmale sind die Übergänge zwischen den Experimentierphasen und der Wechsel zwischen den Versuchsansätzen. Arndt (2016) stellte ebenfalls qualitativ unterscheidbare Prozessmuster fest. Abbildung 15 zeigt die idealtypischen Verläufe der Prozessmuster.

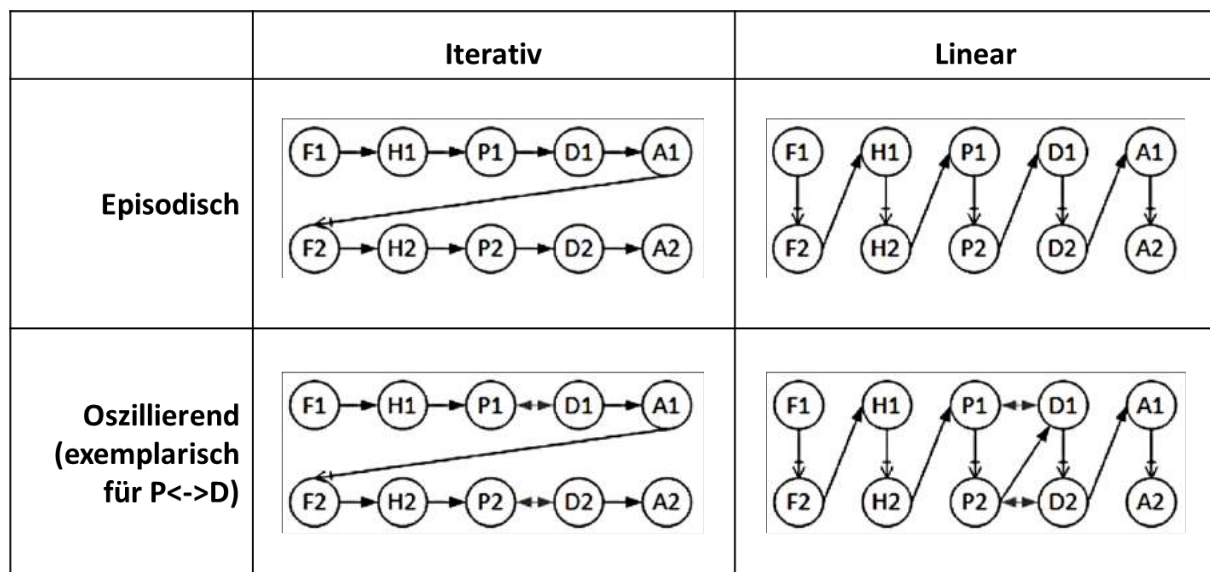


Abbildung 15. Piktogramme für idealtypische Verläufe der Prozessmuster (Arndt, 2016, S. 71).

F=Frage; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; Nummerierung=unterschiedliche Versuchsansätze; \rightarrow Übergang zu anderer Phase; \leftrightarrow häufiger Wechsel zwischen zwei Phasen; \rightarrow Übergang zu anderem Ansatz.

Das lineare Muster (Abbildung 15, rechte Spalte) beschreibt den Experimentierprozess als geradlinig ablaufend; alle Variablen werden hier gleichzeitig untersucht. Die Phasen des Experiments werden demzufolge von der *Fragestellung* bis zur *Auswertung* schrittweise durchlaufen und kommen jeweils nur einmal vor. Dies gilt ebenfalls für parallel ablaufende Experimente innerhalb eines Experimentierprozesses. Beim iterativen Vorgehen durchläuft ein_e Problemlöser_in die Phasen für jede untersuchte Variable separat. Diese Prozessmuster weisen unterschiedliche Phasenwechsel auf. Episodische Phasenwechsel verlaufen lediglich in eine Richtung; ein Rückbezug auf vorhergehende Phasen findet nicht statt. Oszillierende Phasenwechsel zeichnen sich durch häufiges Wechseln zwischen zwei oder mehr Phasen aus. Die gefundenen Muster stellen ein geeignetes Mittel zur Beschreibung von interindividuellen Unterschieden in den Experimentierverläufen dar (ebd.).

Die Analyse der Häufigkeitsverteilung der Proband_innen auf die jeweiligen Muster zeigt, dass die lineare Vorgehensweise vor allem in Verbindung mit einem episodischen Verlauf steht (Abbildung 16). Der iterative Verlauf ist dagegen häufig mit oszillierenden Phasenwechseln verbunden. Scheinbar regt das iterative Untersuchen der betrachteten Variablen eher einen häufigen Phasenwechsel an als das schrittweise, lineare Abarbeiten der einzelnen Experimentierphasen.

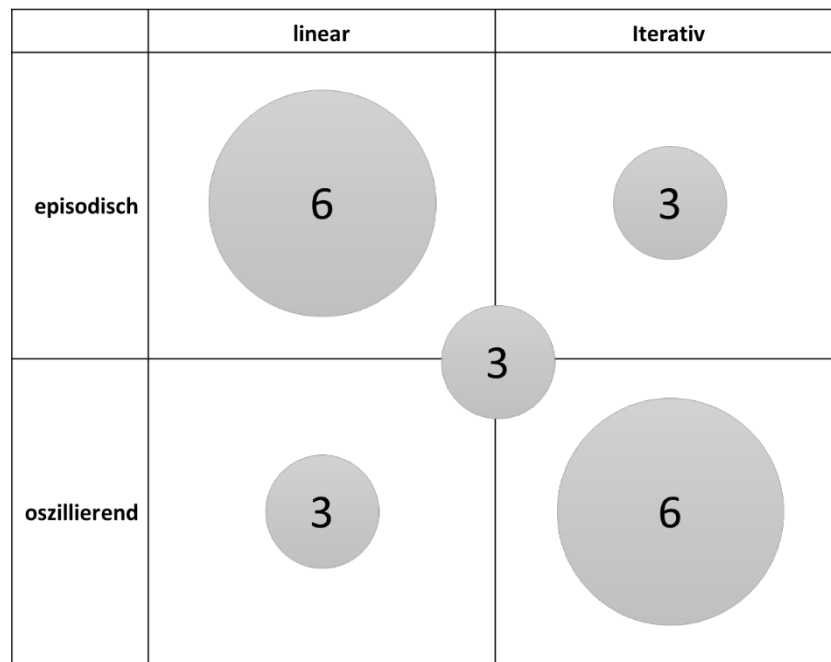


Abbildung 16. Verteilung der analysierten Experimentierprozesse auf die vier unterschiedlichen Prozessmuster (Arndt, 2016, S. 74), $N=21$.

In einem weiteren Schritt wurde untersucht, ob die Aufgabe oder die Person einen möglichen Einfluss auf das jeweilige Muster haben. Ein klarer Trend bezüglich der aufgabenspezifischen Einflüsse wurde nicht festgestellt; die verschiedenen Muster wurden demnach nicht durch eine bestimmte Aufgabe determiniert. Die Ergebnisse weisen zudem darauf hin, dass es sich bei den Mustern nicht um stabile Personeneigenschaften handelt; vielmehr scheinen ein Erfahrungszuwachs oder auch Lerneffekte die Tendenz zum oszillierenden und/oder iterativen Muster zu fördern (Arndt, 2016).

Meier (2016) typisierte die Handlungsverläufe von Schüler_innen beim Experimentieren in Kleingruppen (Tabelle 11, Seite 51). Auf der Grundlage empirischer Regelmäßigkeiten in den Häufigkeiten der Schülerhandlungen nimmt sie eine Fallgruppierung auf der Basis des logischen Vorgehens im Erkenntnisprozess vor und kommt so zur Definition von drei unterschiedlichen Handlungsverlaufstypen: dem prozessorientierten, dem explorativen und dem prozessüberlappenden Typ (ebd.).

Tabelle 11. Typen von Handlungsverläufen (prozessorientiert, explorativ und prozessüberlappend) und deren Merkmalsausprägungen (Meier, 2016, S. 165).

Typ	Typ I: prozessorientiert	Typ II: explorativ	Typ III: prozessüberlappend
Merkmalsausprägungen	<ul style="list-style-type: none"> - systematisch - Hypothese prüfend - Theorie-Praxis ausgeglichen - Aufbau beständig 	<ul style="list-style-type: none"> - unsystematisch - Hypothese frei/versetzt (od. prüfend) - Praxis-Dominanz - Aufbau wechselhaft 	<ul style="list-style-type: none"> - überlappend - Hypothese frei/versetzt oder prüfend - Theorie-Praxis ausgeglichen (oder Praxis-Dominanz) - Aufbau wechselhaft oder beständig

Park et al. (2009) befragten Wissenschaftler_innen der Physik nach ihrer Motivation, den erforderlichen wissenschaftlichen Kompetenzen und den wichtigsten Arten ihrer Ergebnisse. Die Analyse der zugrundeliegenden Prozesse basiert ebenfalls auf dem Merkmal der Phasenwechsel und weist auf fünf

unterschiedliche wissenschaftliche Prozessmuster hin: linear, zyklisch, multizyklisch, nicht-linear und kombiniert (Park et al., 2009).

Linear: Im Falle eines linear verlaufenden Musters (Abbildung 17) folgt der Erkenntnisprozess den typischen Phasen eines Experiments in modellhafter Reihenfolge, ohne Veränderungen dieser (ebd.). Diese Art der Phasenwechsel beobachtete auch Arndt (2016).



Abbildung 17. Linearer Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (verändert nach Park et al., 2009).

Zyklisch: Das zyklische Prozessmuster (Abbildung 18) zeigt „Loops“ im Prozess auf, d. h. die_der Wissenschaftler_in greift im Experimentierprozess auf vorhergehende Phasen zurück. Beispielsweise wurde das Ergebnis einer_s Wissenschaftler_in in der Diskussion mit Fachleuten nicht angenommen. Aufgrund revidierter Experimente konnte sie/er neue Ergebnisse generieren und ihre/seine vorherige Theorie überarbeiten (ebd.). Diese Art der Phasenwechsel entsprechen dem oszillierenden Muster nach Arndt (2016).

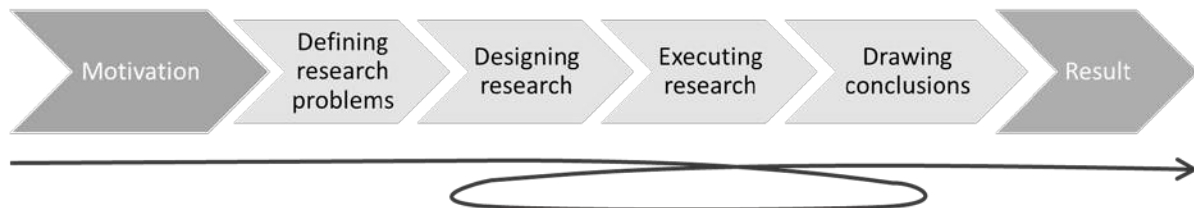


Abbildung 18. Zyklischer Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (verändert nach Park et al., 2009).

Multizyklisch: In einigen Fällen kommen zyklische Vorgehensweisen mehrmals im Prozess vor. Beispielsweise testete ein_e Wissenschaftler_in zunächst eine Variable und wiederholte den Prozess, um anschließend eine zweite Variable zu testen. Nach der Diskussion seiner Ergebnisse wurde die entwickelte Theorie erneut überarbeitet und verfeinert (Park et al., 2009). Im Vergleich zu der zyklischen Vorgehensweise kann das multizyklische Vorgehen in Anlehnung an Arndt (2016) als mehrfach oszillierendes Muster bezeichnet werden (Abbildung 19).

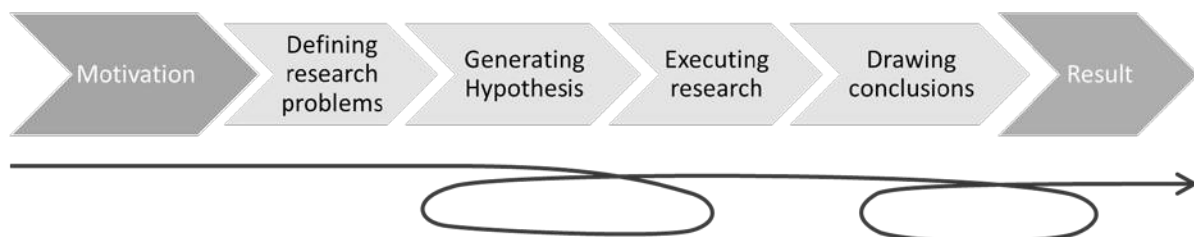


Abbildung 19. Multizyklischer Prozess der Erkenntnisgewinnung (verändert nach Park et al., 2009).

Nicht-linear: Während die zyklische Vorgehensweise innerhalb eines „Loops“ dem Prozessverlauf folgt, gehen manche wissenschaftliche Prozesse zurück und schlagen im weiteren Verlauf einen anderen Weg ein (Abbildung 20). Beispielsweise untersuchte ein_e Wissenschaftler_in nach der Generierung erneut die Messdaten, um deren Ursache genauer zu ermitteln. Schließlich entdeckte sie_er neue experimentelle Techniken, mit denen sie_er dann weiter experimentierte (Park et al., 2009). Diese Form der Phasenwechsel entspricht ebenfalls dem oszillierenden Muster (Arndt, 2016).

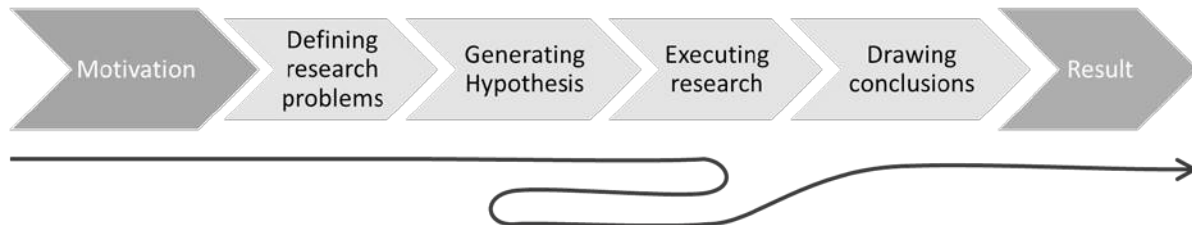


Abbildung 20. Nicht-linearer Prozess der Erkenntnisgewinnung (verändert nach Park et al., 2009).

Kombiniert: Kombinierte Prozessmuster (Abbildung 21) zeigen mehrere unterschiedliche der oben beschriebenen Vorgehensweisen. Beispielsweise wurde eine Hypothese in mehreren Loops mathematisch getestet. Nach der Beschreibung einer neuen Theorie wurden die Daten dahingehend erneut geprüft, womit die neue Theorie verifiziert werden konnte (ebd.). Diese kombinierte Art der Phasenwechsel werden in der Arbeit von Arndt (2016) nicht beschrieben.

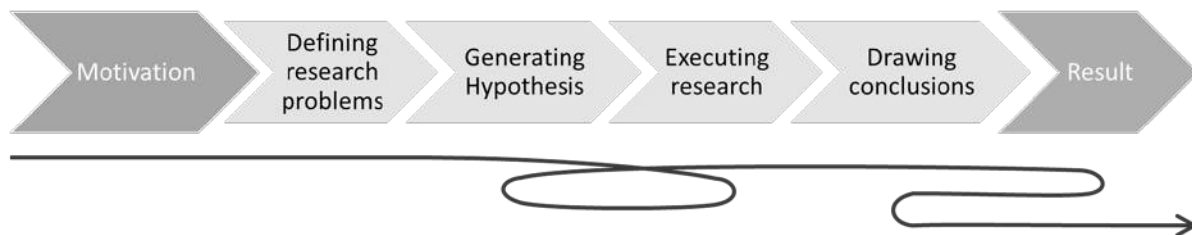


Abbildung 21. Kombinierte Prozessform der Erkenntnisgewinnung (verändert nach Park et al., 2009).

Wie die oben beschriebenen Studien zeigen, ist das Vorgehen in Experimentiersituationen nicht immer ein geradliniger, linearer Prozess. Vielmehr kann dieser als ein suchender, herantastender Prozess verstanden werden, der sehr viele unterschiedliche Muster in seinem Verlauf zeigt (z. B. Arndt, 2016; Aufschnaiter & Welzel, 1997; Aufschnaiter, Aufschnaiter & Schoster, 2000; Aufschnaiter & Rogge, 2010; Dunbar & Klahr, 1989; Glaser, Schauble, Raghavan & Zeitz, 2012; Park et al., 2009; Schauble, 1990; Theyssen, Aufschnaiter & Schumacher, 2001).

2.2.2 Erkenntnisse zu Vorstellungen und Vorgehensweisen beim Experimentieren

Eine Literaturrecherche bezüglich der Befundlage zu Experimentierkompetenzen führt zu einer großen Anzahl an entsprechenden Veröffentlichungen. Diese verdeutlichen den hohen Stellenwert des Themas in der fachdidaktischen Forschung. Die in Kapitel 2.1.4 (Seite 24ff.) dargestellten Modelle zu Experimentierkompetenzen wurden in zahlreichen Studien aufgegriffen. Diese beschäftigen sich hauptsächlich mit bestehenden Vorstellungen zur Methode und Epistemologie des Experimentierens, dem

Wissenschaftsverständnis (z. B. Kampa, Neumann, Heitmann & Kremer, 2016; Kremer, Urhahne & Mayer, 2008; Leach, 1996) oder mit Fehlern oder Problemen beim Experimentieren, welche sich auf naturwissenschaftliche Denkweisen gründen (z. B. Arnold et al., 2012; Hammann et al., 2006). Da das Wissenschaftsverständnis, wie in Kapitel 2.1.3 (Abbildung 3) bereits verdeutlicht, in Wechselwirkung mit naturwissenschaftlichen Experimentierprozessen steht, ist eine klare Trennung dieser beiden Aspekte nur schwer möglich. Daher wird im Weiteren auf die Vorstellungen von Lernenden zum Experimentieren fokussiert, welche als individuelle Repräsentation der Realität verstanden werden (Kuhn, Black, Keselman & Kaplan, 2000). Vorstellungen jeglicher Art bleiben im Wesentlichen nicht beobachtbare theoretische Konstrukte. Das Verhalten eines Lernenden, wie zum Beispiel dessen Vorgehensweise beim Experimentieren, kann als Indikator dienen und Hinweise auf die zugrundeliegenden Vorstellungen geben (ebd.).

Im Folgenden werden zunächst Vorstellungen zum Experimentieren erläutert, die einen Einfluss auf die naturwissenschaftlichen Denkweisen beim Experimentieren ausüben. Anschließend werden daraus resultierende typische Vorgehensweisen Lernender in den einzelnen Phasen des Experimentierprozesses dargestellt. Die in diesem Kapitel dargestellte Befundlage zu Vorstellungen und Vorgehensweisen beim Experimentieren gründet sich auf Studien (z. B. Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn, 1989; Schauble, Glaser, Duschl, Schulze & John, 1995; Vosniadou & Brewer, 1992 u.v.a.) mit unterschiedlichen Forschungszielen wie der Erhebung spezifischer Kompetenzen (z. B. Grube, 2010; Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010), deren Entwicklung (z. B. Bullock, Sodian & Koerber, 2009; Schauble, Klopfer & Raghavan, 1991), der Entwicklung und/oder Validierung von Modellen (z. B. Van Joolingen & de Jong, 1997) oder Analyseinstrumenten (z. B. Germann et al., 1996b) oder der Untersuchung der Domänenspezifität wissenschaftlichen Denkens (z. B. Glaser et al., 2012). Dementsprechend unterscheiden sie sich in Bezug auf die Fokussierung auf unterschiedliche (Teil)Aspekte des Experimentierens, die Stichprobe, den Kontext, das verwendete Aufgabenformat und das Format der Auswertung. Die nachfolgende Darstellung der Erkenntnisse ist damit nicht grundsätzlich auf die Gesamtpopulation übertragbar und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Erkenntnisse zu Vorstellungen

Arbeiten aus der Kognitions- und Entwicklungspsychologie (Norman, 1983; Vosniadou & Brewer, 1992) sowie der Bildungsforschung (Gilbert & Boulter, 2000; Harrison & Treagust, 1996; Vosniadou & Brewer, 1994; Vosniadou & Ioannides, 1998; Vosniadou, 2002) haben gezeigt, dass Kinder und Erwachsene ein intuitives Verständnis von der Welt entwickeln, welches auf ihren alltäglichen Erfahrungen basiert. Diese Art von Verständnis wird sehr unterschiedlich benannt: Präkonzepte (z. B. Möller, 2001; Möller, Kleickmann & Tröbst, 2009; Westermann, Rummel & Holzäpfel, 2012), alternative Vorstellungen (z. B. Barke, 2006), Schülervorstellungen (z. B. Hammann & Asshoff, 2015) oder im Englischen *preconceptions*, *(mis)conceptions* (z. B. Griffiths & Thompson, 1993; Novak, 1993), *alternative frameworks* oder *alternative concepts* (z. B. Driver, 2007; Kuiper, 1994; Muthukrishna, Carnine, Grossen & Miller, 1993; Stein & McRobbie, 1997; Tsai & Chou, 2002; Watts, 1983), *mental models* (z. B. Brewer, 2001; Greca & Moreira, 2000; Johnson-Laird, 1980; Kaplan & Black, 2003; Mikkilä-Erdmann, Penttinen, Anto & Oikinuora, 2008), *folk theories* (z. B. Kempton, 1986; Windschitl, 2004) und *intuitive theories* (z. B. Pope

& Denicolo, 1986; Shtulman, 2017; Ullman, 2015). Diese Arbeit bezieht sich im Weiteren auf den Begriff „Vorstellungen“. Ungeachtet dieser Vielfalt an Benennungen besteht eine generelle Zustimmung, dass aus diesem intuitiven Wissen Erklärungen über die Phänomene der Welt abgeleitet werden, die häufig von den gegenwärtig akzeptierten wissenschaftlichen Erklärungen abweichen, und die außerdem dazu tendieren, sehr resistent gegenüber konzeptuellen Veränderungen zu sein (Möller et al., 2009; Vosniadou & Brewer, 1992). So unterscheiden sich etwa die Erkenntnisprozesse von Kindern von denen von Wissenschaftler_innen. Während die Erkenntnisprozesse von Wissenschaftler_innen von Logik, Konsistenz, Objektivität, Flexibilität und Offenheit gekennzeichnet sind, werden die der Kinder als eher unlogisch, inkonsistent, subjektiv, rigide und dogmatisch beschrieben (Brewer & Samara-pungavan, 1991).

Ingenieursmodus

Während das Experiment in den Naturwissenschaften der Untersuchung kausaler Zusammenhänge unter kontrollierten Bedingungen gilt (siehe Kapitel 2.1.3, Seite 16), denken Schüler_innen oftmals, der Sinn bestehe darin, den zu untersuchenden Effekt oder Naturvorgang zu (re)produzieren. Im Ingenieursmodus (Germann et al., 1996b; Hart, Mulhall, Berry, Loughran & Gunstone, 2000; Morrell & Popejoy, 2014; Njoo & Jong, 1993; Schauble et al., 1991; Schauble et al., 1995) werden die unabhängigen und die Störvariablen so manipuliert, dass die Wahrscheinlichkeit für den gewünschten Effekt steigt. Beispielsweise will ein_e Schüler_in erreichen, dass Pflanzensamen keimen. Also schafft sie_er Bedingungen, von denen sie_er den gewünschten Effekt erwartet: Wasser, Luft und Nährstoffe. Ein Rückschluss darauf, welche der drei getesteten Faktoren ursächlich für die Samenkeimung verantwortlich sind, ist damit nicht möglich (Hammann et al., 2006). Diese Vorstellung lässt sich vergleichen mit der Vorgehensweise von Ingenieur_innen, deren Ziel es ist, technische Produkte oder Prozesse zu entwickeln und zu optimieren, ohne dass eine systematische Ergründung von Ursache-Wirkungsbeziehungen notwendig ist (Hammann et al., 2006; Schauble et al., 1991).

Bestätigungs-Bias

Das Phänomen des Bestätigungs-Bias oder *confirmation bias* (Wason, 1960), oder auch *failure to seek disconfirmation* (Klayman & Ha, 1987), beschreibt die Tendenz, nach Informationen zu suchen, welche die Hypothese oder eine angenommene Theorie bestätigen anstatt sie zu widerlegen (Dunbar, 1993; Hammann et al., 2006; James & Stephen, 2014; Klayman & Ha, 1987; Schauble et al., 1991; Wason, 1960). Die Ziele, die sich Lernende setzen, haben einen Einfluss auf deren Fähigkeit, neue Konzepte zu erkennen und anzunehmen und spielen dementsprechend eine Rolle im Erkenntnisprozess (Dunbar, 1993). Ein möglicher Grund hierfür ist die starke Neigung Lernender, ursprüngliche Vorstellungen und Konzepte zu erhalten (Jong & van Joolingen, 1998) und der damit einhergehende Widerstand gegenüber Veränderungen der Theorie (Chinn & Brewer, 1993; Klahr & Dunbar, 1988). Die daraus resultierende Strategie des positiven Testens (*positive testing*) ist insofern problematisch, da inhaltliche Überzeugungen die Interpretation von Versuchsergebnissen beeinflussen. Insbesondere wenn die experimentell gewonnenen Daten nicht mit den anfänglichen Überzeugungen übereinstimmen, besteht die

Gefahr von Fehlschlüssen (Hammann et al., 2006). Lernende wenden hierbei unterschiedliche Strategien an, um Theorie und Evidenz in Passung zu halten, auch wenn sie eigentlich widersprüchlich sind (Chinn & Brewer, 1998; Kuhn & Phelps, 1982).

Fehlende Koordination von Theorie und Evidenz

Die Fähigkeit, eine bestehende Theorie mit empirischer Evidenz zu verknüpfen, ist bei Lernenden eher schwach ausgeprägt (Jong & van Joolingen, 1998; Kuhn & Phelps, 1982; Kuhn, 1989; Schauble, 1990; Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010; Zimmerman et al., 2003). Vielen fällt es schwer, zwischen ihren theoretischen Vorstellungen und empirischer Evidenz zu unterscheiden (Schauble, 1990), sie reflektieren selten ihre Vorstellungen. Einen Grund dafür sieht Kuhn (1989) darin, dass Lernende eher „mit ihrer Theorie denken“, als „über sie zu denken“. Es zeigt sich, dass Lernende die Inhalte einer Theorie verstanden hatten und diese auch erläutern konnten, jedoch bei der Formulierung von Hypothesen und der Analyse von Daten nicht darauf zurückgriffen (Howard-Jones, Richard & Bomford, 2006). Wenn Lernende ihre Daten mit einer Theorie verknüpfen und richtige Schlussfolgerungen ziehen, bleiben die Begrifflichkeiten und die Anwendungen des Prinzips ungenau und der Begründung fehlt es an Klarheit und Substanz (Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010). In einer Längsschnittstudie zeigten Bullock et al. (2009), dass sich ein frühes Theorieverständnis als bemerkenswert guter Prädiktor für die spätere Konzipierung von Experimenten erwies. Ein Verständnis der Beziehung zwischen Theorie und Evidenz scheint wichtig für die Entwicklung und Konzeption von Experimenten zu sein (ebd.).

Unsystematische Vorgehensweise

Das explorierende Experimentieren verläuft überwiegend impulsiv und nicht systematisch (Dawes, 2001; Kuhn, Schauble & Garcia-Mila, 1992; Shute & Glaser, 1990, 1990; Wason, 1960). Außerdem haben Lernende beim Experimentieren oft Schwierigkeiten dabei, einen übergeordneten Versuchsplan zu verfolgen. Diese Schwierigkeiten haben zur Folge, dass Experimente nicht logisch und systematisch geplant werden und mehrere Experimente innerhalb eines Prozesses nicht sinnvoll aufeinander aufgebaut werden (Hammann et al., 2006). Mehrere aufeinanderfolgende Experimente werden meist als unzusammenhängende Einzelexperimente geplant, deren gemeinsame Grundlage und logischer Bezug zueinander fehlen (Kuhn & Angelev, 1976; Schauble et al., 1991).

Erkenntnisse zu Vorgehensweisen beim Experimentieren

Die bestehenden Vorstellungen äußern sich in einer Vielzahl unterschiedlicher Vorgehensweisen, die in den verschiedenen Phasen im Experimentierprozess erkennbar werden.

Formulierung von Hypothesen

Lernende formulieren häufig keine Hypothese, da diese für die Erzeugung des gewünschten Effekts nicht von Bedeutung ist (Carey, 1989). Wenn Hypothesen formuliert werden, haben Lernende aufgrund fehlenden Wissens über Kriterien einer wissenschaftlichen Hypothese (Njoo & Jong, 1993) Schwierigkeiten bei dessen Formulierung (Klahr, Fay & Dunbar, 1993; Meier, 2016). Im weiteren Verlauf des Experiments werden häufig lediglich diejenigen Hypothesen berücksichtigt, die den eigenen

Erwartungen entsprechen (Klahr et al., 1993; Schauble et al., 1991). Als *fear of rejection* wird die Vermeidung von Hypothesen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit verworfen werden, beschrieben (Klahr et al., 1993; Klayman & Ha, 1987; van Joolingen & Jong, 1993). Aufgrund der Schwierigkeit, Daten in Theorie zu transformieren, werden Hypothesen während eines Experiments wiederholt geändert (Kuhn et al., 1992). Alternativhypothesen werden selten berücksichtigt (Klahr et al., 1993). Zudem halten Lernende trotz widersprüchlicher Evidenz an der aktuellen Hypothese fest, diese Vorgehensweise wird auch als „*unable-to-think-of-an-alternative-hypothesis*“ *phenomenon* bezeichnet (Dunbar, 1993).

Planung von Experimenten

Die Planungsphase nimmt insgesamt einen geringen Stellenwert im Experiment ein (Hackling & Garnett, 1992, 1993b, 1995).

Umgang mit Variablen

Im Umgang mit Variablen zeigen Lernende eine unzureichende Auffassung von multivariater Kausalität und ungenaues Verständnis von Zielen und Problemen bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie (Bullock & Ziegler, 1999; Chen & Klahr, 1999; Dawson & Rowell, 1986; Hammann, 2007; Keselman, 2003; Kirchner, 2013; Klahr, 2000b; Koslowski, 1996; Kuhn, Garcia-Mila, Zohar & Anderson, 1995; Schauble et al., 1991; Schauble, 1996; Tschirgi, 1980; Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010). Diese Strategie beschreibt das systematische Vorgehen beim Experimentieren, bei dem nur die unabhängige Variable verändert und sämtliche anderen Variablen konstant gehalten werden. Schwierigkeiten bei der Identifikation und Zuordnung der abhängigen (AV) und unabhängigen (UV) Variable und deren kausale Anordnung im Experiment (Duggan, Johnson & Gott, 1996; Kuhn & Brannock, 1977; Ziemek et al., 2005), führen zur Konfundierung von Variablen und lassen keine eindeutigen Aussagen über Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu (Chen & Klahr, 1999; Hammann et al., 2006). Aufgrund eines fehlenden Verständnisses für die Kontrolle von unabhängigen Variablen werden Variablen ignoriert, die das Ergebnis beeinflussen könnten (Hackling & Garnett, 1992, 1993b, 1995). Tschirgi (1980) beschreibt die gleichzeitige Veränderung aller Variablen, unabhängig davon, ob es sich um Testvariablen oder andere Variablen handelt. Lernende tendieren dazu, sich auf die Variablen zu konzentrieren, die als Ursache für einen gewünschten Effekt angenommen werden und diejenigen zu ignorieren, von denen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Verifizierung angenommen wird (Kuhn et al., 1992; Kuhn et al., 1995; Kuhn et al., 2000; Schauble, 1990; Schauble et al., 1991, 1991; Schauble, 1996). Aufgrund unzureichenden Verständnisses für die Bedeutung und Funktion eines Kontrollansatzes findet dieser meist keine Berücksichtigung (Dawson & Rowell, 1986; Duggan & Gott, 2000; Hammann et al., 2006; Lee, Buxton, Lewis & LeRoy, 2006). Meier (2016) merkt in ihrer Studie die fehlende Identifikation und Handhabung von Störvariablen an (Hackling & Garnett, 1992; Meier, 2016). Außerdem wird auf ein unzureichendes Verständnis für die Bedeutung und Funktion von Messwiederholungen hingewiesen (Duggan & Gott, 2000; Lee et al., 2006; Lubben & Millar, 1996).

Durchführung von Experimenten

Lernende tendieren dazu, lediglich bestätigende Daten zu erheben (Hammann et al., 2006). Wenn der gewünschte Effekt erzielt wurde, wird das gleiche Experiment teilweise exakt mehrfach wiederholt

(Schauble et al., 1991; Schauble, 1996). Da die Dokumentation von Daten für das Erreichen eines Effekts keine Notwendigkeit darstellt, bleibt diese häufig aus (Schauble et al., 1991; Schauble, 1996; Zion et al., 2004); zudem zeigen sich Schwierigkeiten bei der Anfertigung von Protokollen (Zion et al., 2004). Die Definition der zu untersuchenden Variable erfolgt vorzugsweise auf qualitativer Ebene, womit das Experiment auf das Durchführen qualitativer Beobachtungen abzielt (Meier, 2016). Häufige Änderungen im Versuchsaufbau während der Ausführung des Experiments führen zu einer Einschränkung der Wiederholbarkeit sowie zu Problemen bei der Aufrechterhaltung der Homogenitätsbedingungen (ebd.). Eine Fehleranalyse wird häufig nicht vorgenommen oder erfolgt lediglich implizit (ebd.).

Interpretation von Daten

Sobald der gewünschte Effekt des Experiments eingetreten ist, wird dieses häufig beendet, auch wenn noch keine Aussagen über andere beteiligte Faktoren getroffen werden können (Schauble et al., 1991). Abweichende oder widersprüchliche Daten werden in der Auswertung teilweise ignoriert, abgewiesen oder umgedeutet (Kuhn & Phelps, 1982) und die anfängliche Theorie wird (meist unbewusst) geändert (Chinn & Brewer, 1993; Jong & van Joolingen, 1998; Kuhn & Phelps, 1982). Um die ursprünglich formulierte Hypothese zu bestätigen, werden bei Schlussfolgerungen nicht alle erhobenen Daten berücksichtigt (Chinn & Brewer, 1998; Dunbar, 1993; Hammann et al., 2006; Laughlin, Bonner & Altermatt, 1998; Mynatt, Doherty & Tweney, 2007; Schauble et al., 1991; Sodian, Zaitchik & Carey, 1991). Zudem zeigen Lernende Schwierigkeiten dabei, Fehler und Grenzen im Experiment hinsichtlich der Einschätzung der Qualität der Datenlage zu erkennen und diese in die Ergebnisdeutung mit einzubeziehen (Hackling & Garnett, 1995); dies gilt auch beim Lesen von Tabellen, deren Daten eine gegenteilige Beziehung darstellen und bei der Übertragung gewonnener oder gegebener Daten in Graphen (Duggan & Gott, 2000). Meier (2016) berichtet zudem, dass die Aufbereitung der Daten häufig ganz ausbleibt (ebd.).

Interpretation

Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt wiederholt bereits während der *Durchführung* des Experiments, wodurch Lernende die gesammelten Daten bei der Auswertung der Ergebnisse bereits als Schlussfolgerungen aufführen (Kuhn, 1992; Meier, 2016). Der Fokus der Interpretation der Daten liegt ferner ausschließlich auf Variablen, von denen ein gewünschter Effekt erwartet wird; andere Variablen, selbst wenn diese Bestandteile des Experiments sind, werden ignoriert (Schauble et al., 1991). Im Zuge der Interpretation erfolgt häufig eine reine Beschreibung der Beobachtungsergebnisse (Meier, 2016; Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010). Die inhaltliche Qualität von Schlussfolgerungen ist gering, d. h. es überwiegen Erklärungen mit einem alltagsweltlichen Zusammenhang, und theoretische Erklärungsansätze fehlen (Meier, 2016; Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010).

Schlussfolgerungen

Auch wenn das Experiment methodisch korrekt geplant ist (Hammann et al., 2006; Hammann et al., 2007), werden unlogische und invalide Schlussfolgerungen gezogen (Kuhn & Dean, 2005; Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010); und obwohl keine widersprechenden experimentellen Ergebnisse vorliegen, werden Hypothesen abgelehnt (Kuhn et al., 1992). Kuhn et al. (1992) berichten, dass Lernende auf

Basis eines einzelnen Versuchsansatzes oder bezüglich einer Variable, die nicht verändert wurde, kausale Rückschlüsse ziehen. Es wird vermehrt nach Daten gesucht, die die Hypothese bestätigen (*Find Evidence Goal*, Dunbar, 1993); bestätigenden Befunden wird eine stärkere Gewichtung zugeschrieben (Slowiaczek, Klayman, Sherman & Skov, 1992). Unerwartete Ergebnisse werden teilweise ignoriert oder umgedeutet, oder sie werden auf methodische Fehler im Experiment zurückgeführt (Chinn & Brewer, 1993; Chinn & Brewer, 1998). Bei nicht-bestätigenden Ergebnissen kommt es vermehrt zu einer Formulierung neuer Hypothesen, die konsistent zu den Daten sind (*Find-Hypothesis-Goal*, Dunbar, 1993). Trotz fehlenden Kontrollansatzes ziehen Lernende kausale Rückschlüsse (Hammann et al., 2006; Hammann et al., 2007).

Entwicklung von Experimentierkompetenzen

Vorstellungen zum sowie Vorgehensweisen beim Experimentieren sind erlernbar (Bullock et al., 2009; Schauble, 1996) und können gezielt gefördert werden (Bullock & Ziegler, 1999, 1999; Chen & Klahr, 1999; Chinn & Malhotra, 2002b; Dunbar & Klahr, 1989; Etkina et al., 2006; Kuhn & Phelps, 1982; Schauble, 1990; Schauble et al., 1991; Schauble, 1996). Die Ergebnisse entwicklungspsychologischer Studien weisen auf ein grundlegendes Verständnis von Experimentierstrategien, Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Vor- und Grundschulalter hin (Koerber, Sodian, Thoermer & Nett, 2005; Sodian et al., 1991; Strand-Cary & Klahr, 2008; Zimmerman, 2007). Des Weiteren weisen Studien auf systematische Entwicklungsveränderungen in verschiedenen Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens wie z. B. Theorieverständnis, Experimentierstrategien und Dateninterpretation zwischen dem frühen und späten Grundschulalter hin (Koerber, Sodian, Kropf, Mayer & Schwippert, 2011; Mayer, 2011).

Die Entwicklung erfolgt nicht plötzlich, d. h., Lernende gehen zum Beispiel nicht von einer „ineffizienten“ oder „invaliden“ Variablenkontrollstrategie direkt zu einer „effizienten“ und „validen“ Strategie über; vielmehr erfolgt die Entwicklung langsam in kleinen Schritten (Chen & Klahr, 1999; Kuhn & Brannock, 1977; Kuhn et al., 2000). Selbst wenn der Vorteil einer validen Variablenkontrollstrategie verstanden wird, so wird diese nicht ausschließlich angewendet. Sie wird langsam in die individuellen Strategien eingebunden (Zimmerman, 2007). Bullock und Ziegler (1999) zeigten, dass das Wissen und die Vorstellungen zum Experimentieren sowie die Experimentierkompetenzen zwei getrennte Konstrukte abbilden, die sich unterschiedlich entwickeln. Während bereits die meisten Grundschulkinder ein kontrolliertes von einem konfundierenden Experiment unterscheiden und eine valide Begründung für ihre Entscheidung geben konnten, wurde die konkrete Konzeption eines kontrollierten Experiments nur von Kindern im Jugendalter konsequent gemeistert.

Dennoch korrelieren die Konstrukte „Wissen über das Experiment“ und das „Verständnis der Natur der Naturwissenschaft“ signifikant mit Leistungen bei der konkreten Konzeption von Experimenten (Bullock et al., 2009). Kinder mit einem höheren Wissen über das Experiment entwickelten sich schneller und zeigten später höhere Leistungen bei der Konzeption von Experimenten als diejenigen mit einem geringeren Wissen (Bullock & Ziegler, 1999). Auch der Transfer des Wissens auf eine andere Domäne entwickelt sich schrittweise (Chen & Klahr, 1999). Dieser Zusammenhang zwischen dem Erwerb naturwissenschaftlichen Inhaltswissens und domänenübergreifendem wissenschaftlichen Denken wurde auch bei Kindern im Grundschulalter festgestellt (Chen & Klahr, 1999; Grygier, 2008).

Einflussfaktoren auf den Experimentierprozess

Verschiedene Studien gehen der Frage nach, welche Faktoren die Performanz bei Problemlöseprozessen im Allgemeinen und beim Experimentieren im Speziellen vorhersagen. In Kapitel 2.1.3 (Merkmale von Problemlöseprozessen, Seite 10ff.) wurden bereits die drei wesentlichen Merkmale, also Personen-, Situations- und Problemmerkmale, beschrieben, welche einen Einfluss auf den Experimentierprozess haben. In den folgenden zwei Kapiteln werden Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen Personen- und Problemmerkmalen und Experimentierkompetenzen zusammengefasst.

Personenmerkmale

Die Personenmerkmale umfassen unter anderem kognitive Fähigkeiten wie Intelligenz sowie deklaratives und prozedurales Vorwissen (Funke, 2003; Mayer, 2007). Hierzu zählt zum Beispiel der fachliche Hintergrund einer_s Lernenden wie das Studium oder berufliche Ausbildungen.

Kognitive und verbale Fähigkeiten: Einige Studien stellten eine Beziehung zwischen Intelligenz und Problemlösekompetenz fest (Bullock & Ziegler, 1999; Süß, 1999). Besonders bei jüngeren Proband_innen wurde der IQ zusammen mit verbalen Fähigkeiten als bester Prädiktor für das Wissen bezüglich Experimentieren festgestellt (Bullock & Ziegler, 1999). Auch bei rein formalen, semantisch nicht eingekleideten Problemen gibt es Hinweise darauf, dass die Intelligenz einen Einfluss auf die Bearbeitung von Problemlöseaufgaben hat (Hesse, 1982; Strohschneider, 1991). Im Zusammenhang mit komplexen Problemen wurde bisher jedoch noch kein konsistentes Beziehungsmuster zwischen Problemlösekompetenzen und Intelligenz nachgewiesen (Mayer, 2007).

Deklaratives und prozedurales Vorwissen: Ob das Vorwissen einen positiven Effekt auf die Kompetenz hat, komplexe Probleme zu lösen, wird kontrovers diskutiert. Einige Studien zeigen lediglich schwache Korrelationen zwischen dem bereichsspezifischen Vorwissen und der Problemlösekompetenz (Hammann, Phan, Ehmer, Bayrhuber & Ganser, 2008a) oder stellen diesen Zusammenhang in Frage (Kuhn, 2010). Die Mehrzahl der Studien stellt jedoch einen positiven Effekt des Vorwissens auf die Problemlösekompetenz fest (z. B. Brell, Theyßen, Schecker & Schumacher, 2008; Carey, 1985; Greenhoot, Semb, Colombo & Schreiber, 2004; Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn, 2007, 2009; Qin & Simon, 1990; Schauble, 1996; Weinstock & Cronin, 2003). Die Problemlöseforschung sowie die Bildungsforschung haben gezeigt, dass sich vor allem das bereichsspezifische Wissen und das Wissen über Problemlösestrategien positiv auf die Experimentierkompetenzen auswirken (Kuhn et al., 1988). Mayer (2007) stellte zudem fest, dass auch das Methodenverständnis mit der Problemlösekompetenz korreliert. Mit einem besseren Methodenverständnis fällt demzufolge auch die Güte des Problemlöseprozesses höher aus. Während allgemeine kognitive Fähigkeiten ein guter Prädiktor für das Wissen über Experimentieren sind, erfordert die praktische Ausführung von Experimenten zusätzlich domänenspezifisches Wissen. Folglich erfordert die Ausführung eines Experiments nicht nur Wissen über das Experimentieren, sondern auch generelle kognitive Fähigkeiten, um dieses Wissen auch anwenden zu können (Bullock & Ziegler, 1999).

Wie eine Studie von Bullock et al. (2009) zeigte, sind die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten (Intelligenz) der beste Prädiktor für das Wissen über das Experimentieren. Dagegen erfordert die Fähigkeit,

Experimente konkret zu konzipieren beides, namentlich kognitive Fähigkeiten und domänenspezifisches (Vor)Wissen (Bullock & Ziegler, 1999; Klahr & Dunbar, 1988). Diese unterschiedlichen Ergebnisse zeigen darüber hinaus, dass der Einfluss von Intelligenz und Wissen letztlich auch in Abhängigkeit vom jeweiligen System bzw. Problem variiert (Mayer, 2007).

Wie eine Studie von Arndt (2016) zeigt, ändert sich mit steigender Erfahrung das Muster, in dem ein Experiment durchlaufen wird. Ob diese Tendenz auch auf die Leistungen beim Experimentieren zutrifft, wurde jedoch nicht untersucht.

Fachlicher Hintergrund: Der fachliche Hintergrund wird als Vorwissen verstanden. Bei der Untersuchung von Experimentierkompetenzen Erwachsener wurde deutlich, dass auch der fachliche Hintergrund, d. h., das Studium oder die berufliche Ausbildung einen Einfluss auf die Experimentierkompetenzen haben. Beispielsweise zeigen Studierende der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) signifikant höhere Leistungen bei der Anwendung des hypothetisch-deduktiven Verfahrens als Nicht-MINT-Studierende (Moore & Rubbo, 2012). Außerdem wurde ein Unterschied zwischen MINT-Studierenden und MINT-Lehramtsstudierenden festgestellt, wobei letztere geringere Leistungen diesbezüglich aufweisen (Ding, Wei & Liu, 2016). Als Ursache für diese Unterschiede wurde jedoch nicht der Einfluss des Studiums festgestellt, vielmehr bestimmen die Experimentierkompetenzen der Studierenden bereits vor dem Beginn des Studiums, was sie studieren werden (ebd.).

Eine Studie von Hartmann, Upmeyer zu Belzen, Krüger und Pant (2015b) untersucht die Kompetenzen zum wissenschaftlichen Denken von Mono-Studierenden der naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Physik und Chemie im Vergleich zu Lehramtsstudierenden der entsprechenden Fächer. Im Bachelor wurde hier ein ähnlicher Trend wie bei Ding et al. (2016) festgestellt, d. h., die Lehramtsstudierenden zeigten vergleichsweise geringere Kompetenzausprägungen als ihre Kommiliton_innen der Mono-Studiengänge. Im *Master of Education* drehte sich dieser Effekt jedoch um: Die Lehramtsstudierenden zeigten hier im Vergleich höhere Kompetenzausprägungen. Die Ergebnisse lassen demnach einen stärkeren Kompetenzzuwachs der Lehramtsstudierenden im Laufe ihres Studiums erkennen. Außerdem zeigen Studierende, die zwei naturwissenschaftliche Fächer studieren, höhere Kompetenzausprägungen als Studierende mit einem naturwissenschaftlichen und einem nicht-naturwissenschaftlichen Fach (Hartmann et al., 2015b).

Problemmerkmale

Kontext: Ein zweites bestimmendes Merkmal für Leistungen in Problemlöseprozessen ist der semantische Kontext des Problems (Hackling & Garnett, 1993a; Mayer, 2007; Nehring, Nowak, Belzen & Tiemann, 2015; Robertson, 1987). Studien der Problemlöseforschung und Bildungsforschung haben gezeigt, dass semantisch eingekleidete Probleme, die in einem thematischen Kontext eingebunden sind, im Unterschied zu rein formalen Problemen einfacher zu lösen sind. Erklärt wird dieser Effekt damit, dass erstere die Möglichkeit bieten, vorhandenes Wissen über den Kontext zur Problemlösung einzusetzen (Hesse, 1982; Stark, Graf, Renkl, Gruber & Mandl, 1995). Schauble et al. (1991) setzten Aufgaben aus zwei unterschiedlichen Domänen (Wissenschaft und Ingenieurwesen) ein und zeigten, dass die Domäne der jeweiligen Aufgabe einen Einfluss auf die Problemlösestrategie der Schüler_innen hat.

Erkenntnisse zu Experimentierkompetenzen Studierender

Während viele der oben genannten Studien den Fokus auf die Vorstellungen und die Experimentierkompetenzen von Schüler_innen (z. B. Arnold et al., 2012; Buchegger, Keller & Kapelari, 2016; Crujeiras-Pérez & Jiménez-Aleixandre, 2016; Emden & Sumfleth, 2016; Grube, 2010; Hammann et al., 2008a) und einige auch auf die von Lehrer_innen (z. B. Brickhouse, 1990; Jonas, 1994; Müller & Duit, 2004) legen, weist der Forschungsstand bezüglich Studierender, insbesondere im Lehramt, viele offene Fragen auf, wie zum Beispiel die Frage nach der Entwicklung von Experimentierkompetenzen im Verlauf des Studiums oder dem Kompetenzniveau am Ende der Studienzeit. Zunehmend widmen sich Arbeiten der Untersuchung dieser Fragen, sodass in den letzten Jahren eine Zuwendung zur universitären (Lehrer)bildung erkennbar ist (z. B. Can & Kaymakci, 2016; García-Carmona et al., 2016; Hartmann et al., 2015a; Höner et al., 2010; Kruea-In, Kruea-In & Fakcharoenphol, 2015; Riley, 1979; Stiller et al., 2016).

Die Vorstellungen und das Wissen Lehramtsstudierender zum Experimentieren und das Verständnis über wissenschaftstheoretische Grundlagen der Naturwissenschaften haben sich in entsprechenden Studien nicht immer als adäquat ausgebildet gezeigt (Aguirre et al., 1990; Brickhouse, 1990; Gyllenpalm et al., 2010b; Gyllenpalm & Wickman, 2011b; Hilfert-Rüppell et al., 2013). In einer Fragebogenstudie zu Beginn eines universitären Programms verfügten die meisten Studierenden über ein naives oder ein experimentell-induktives Konzept von Wissenschaft (Aguirre et al., 1990). In diesem Konzept gibt es keinen offensichtlichen Unterschied zwischen Wissenschaft und Nicht-Wissenschaft, und wissenschaftliche Erkenntnisse werden durch Zufall oder durch *Trial and Error*, also Versuch und Irrtum, generiert (ebd.).

In einer Interviewstudie von Gyllenpalm und Wickman (2011b; 2011a) verwendeten Studierende unterschiedliche Begriffe bezüglich des Experimentierens diffus, und das Verständnis für das Experiment als Methode der Erkenntnisgewinnung war mangelhaft. Die an der Interviewstudie teilnehmenden Studierenden sahen das Experiment eher als Unterrichtsmethode zur Vermittlung von Kompetenzen (*the inquiry emphasis conflation*) und nicht als wissenschaftliche Erkenntnisgewinnungsmethode im Sinne der Generierung von Erkenntnissen (Gyllenpalm & Wickman, 2011b, S. 2). Sie verbanden es weder mit der Möglichkeit, neue Erkenntnisse zu kausalen Beziehungen zu gewinnen noch sahen sie es als Forschungsmethode (Gyllenpalm et al., 2010b; Gyllenpalm & Wickman, 2011b). Vielmehr wurde das Experiment mit dem Erreichen eines bestimmten Effekts assoziiert. Die Vorstellungen von abhängiger und unabhängiger Variable wurden von einigen Studierenden nur vage erkannt als etwas, das mit möglichen Fehlerquellen zu tun hat, welche die Abweichungen vom erwarteten Ergebnis zu erklären helfen könnten (Gyllenpalm & Wickman, 2011b). Weiterhin schien den Studierenden die Bedeutung des Begriffs „kontrolliertes Experiment“ nicht geläufig oder gar nicht bekannt zu sein (ebd.). Sie gaben an, dass dieser Begriff im Rahmen ihres Studiums nicht besprochen wurde (ebd.). In einer Interventionsstudie zur Implementation eines *Inquiry-Based Science Methods Course* wurden die Vorstellungen von Lehramtsstudierenden mit unterschiedlichen Methoden erhoben (Pre-Post-Fragebogen, Reflexionsprotokolle und konzipierte und durchgeführte Unterrichtsstunde). Die Studierenden berichteten darüber, wie sie die Naturwissenschaften in den absolvierten Kursen an der Universität gelernt hätten, wie etwa die Ausführung vorgeschriebener Experimente, deren Ergebnis bereits bekannt war.

Das Auswendiglernen von Wissen für einen spezifischen Test wurde ebenfalls hervorgehoben. Naturwissenschaftliche Bildung wurde als Arbeit in einem Labor in Form eines schrittweise vorgegebenen Prozesses beschrieben. Eine Probandin erklärte: „*In high school, we used to set up experiments that had specific answers and we had to keep repeating it until we got the right answer.*“ (Plevyak, 2007, S. 7). In einer Untersuchung zu Kompetenzen von Physikstudierenden bei der Koordination von Theorie und Evidenz stellten Zeineddin und Abd-El-Khalick (2010) fest, dass deren Leistung eine enorme Varianz aufwies. Viele der oben beschriebenen Schwierigkeiten, z. B. beim Umgang mit Variablen, bei der Koordination von Theorie und Beweisen, oder beim Ziehen adäquater Schlussfolgerungen, konnten auch hier beobachtet werden. Die Daten wurden mithilfe eines Online-Fragebogens und mit anschließenden Interviews erhoben. In einer Fragebogenstudie untersuchten Hilfert-Rüppell et al. (2009) die Fähigkeit zum systematischen Experimentieren Lehramtsstudierender der naturwissenschaftlichen Fächer. Es zeigten sich grundlegende Schwierigkeiten bei der konkreten Planung eines Experiments, wie zum Beispiel das Fehlen einer Hypothese, die gleichzeitige Variation mehrerer Variablen oder das Fehlen eines Kontrollansatzes (Hilfert-Rüppell et al., 2009; Hilfert-Rüppell et al., 2013).

Eine Reihe von Studien weist darauf hin, dass die Kompetenzen von Lehrpersonen einen Einfluss auf ihren Unterricht (z. B. auf Unterrichtsmethoden) und die Kompetenzen ihrer Schüler_innen haben (z. B. Bartholomew, Osborne & Ratcliffe, 2004; Brickhouse, 1990; Danipog, 2015; Evans, Luft & Czerniak, 2014; Harlen, 1997; Hashweh, 1996; Pilitsis & Duncan, 2012). Lehrer_innen, die selbst bei der Ausführung wissenschaftlicher Experimente sicher sind, besitzen demzufolge eine wesentliche Grundlage dafür, diese Kompetenzen erfolgreich an ihre Schüler_innen weiterzugeben (Downing & Filer, 1999; Watters, Ginns, Neumann & Schweitzer, 1994). Eine entsprechend gezielte Förderung im Studium spielt dabei eine zentrale Rolle.

Lehramtsstudierende setzen den Schwerpunkt im Unterricht vor allem auf naturwissenschaftliche Inhalte (Gyllenpalm et al., 2010a). Wenn sie Problemlöseprozesse im Unterricht fokussieren, greifen sie überwiegend auf stark gelenkte Unterrichtsmethoden zurück. Sie setzen meist Aufgaben aus dem Schulbuch oder aus Arbeitsblättern ein, in denen die Schüler_innen detaillierten Instruktionen folgen sollen, um beispielsweise ein Experiment durchzuführen (Chin, Goh, Chia, Lee & Soh, 1994). Ein wissenschaftliches Problem wird dabei als etwas gesehen, dessen Antwort die_der Lehrer_in bereits kennt. Die Lösung soll die Schüler_innen dazu auffordern, wissenschaftlich zu denken, was dem Abruf spezifischer Informationen entspricht (ebd.). Als Gründe für den seltenen Einsatz von Problemlöseprozessen im Unterricht geben die Studierenden an, über zu wenig Expertise bezüglich des Problemlösens oder der wissenschaftlichen Inhalte zu verfügen, oder sie sind sich unsicher, wie sie Problemlöseprozesse im Unterricht lehren können (ebd.).

Die oben beschriebenen Studien fokussieren vor allem die Vorstellungen Lehramtsstudierender zum Experimentieren (z. B. Gyllenpalm & Wickman, 2011b; Hartmann et al., 2015b), oder auf ihr pädagogisches Wissen oder *pedagogical content knowledge* (Aguirre et al., 1990). Außerdem gibt es Erkenntnisse zu den Problemlösekompetenzen von Studierenden der Naturwissenschaften (Ding et al., 2016; Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010), die sich signifikant von denen Lehramtsstudierender unterscheiden (Ding et al., 2016). Erkenntnisse zu den prozessbezogenen Experimentierkompetenzen von Lehramtsstudierenden sind jedoch keine bekannt.

Bedeutung von Lerngelegenheiten

In Arbeiten zu universitären Lerngelegenheiten wurde die Bedeutung dieser auf den Kompetenzzuwachs bei Lehramtsstudierenden untersucht. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass das Angebot von Lerngelegenheiten im Studium einen signifikanten Einfluss auf den Kompetenzzuwachs der Studierenden hat (Fritsch et al.; Fritsch, Seifried, Wuttke & Fortmüller, 2014; Kleickmann & Anders, 2011; Kunina-Habenicht et al., 2013). Beispielsweise zeigen im Rahmen der COACTIV-Studie² angehende Lehrer_innen mit einem abgeschlossenen Lehramtsstudium, welches fachdidaktische und erziehungswissenschaftliche Studien umfasst, bessere Leistungen im fachdidaktischen und pädagogisch-psychologischen Wissen als sogenannte Quereinsteiger_innen ohne Lehramtsstudium (Kleickmann & Anders, 2011).

Neben den formalen Lerngelegenheiten wie der universitären Ausbildung, spielen auch non-formale Lerngelegenheiten wie beispielsweise Fortbildungen sowie informelle Lerngelegenheiten, insbesondere das Berufsleben von Lehrer_innen (Kunter et al., 2011) eine wichtige Rolle für den Kompetenzerwerb. Ergebnisse der bisherigen Forschung zeigen, dass sich die Teilnahme und der Umfang von Fort- und Weiterbildungen sowohl auf Lehrerkompetenzen wie das fachdidaktische Professionswissen, als auch auf die Schülerkompetenzen auswirken (Brunner et al., 2006). Ein derartiger Zusammenhang konnte in Bezug auf informelle Lerngelegenheiten wie das Berufsleben der Lehrer_innen nicht eindeutig festgestellt werden. Demzufolge ist Berufserfahrung notwendig, jedoch nicht ausreichend, um beispielsweise Professionswissen zu entwickeln (Brunner et al., 2006; Gruber & Rehl, 2005). Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen Lerngelegenheiten und Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung sind nicht bekannt.

2.2.3 Zusammenfassung

Bisher sind nur wenige Studien bekannt, die sich mit der **Prozessstruktur** von Experimenten, d. h. mit unterschiedlichen Strategien, Typen oder Mustern beim Experimentieren beschäftigen. Die Systematisierung von Prozessstrukturen basiert fast ausschließlich auf dem Kriterium der Phasenwechsel. Die verschiedenen Autor_innen (Arndt, 2016; Klahr & Dunbar, 1988; Meier, 2016; Park et al., 2009) beschreiben Prozessmuster, die sich zwar in Bezug auf bestimmte Merkmale wie Änderungen im Aufbau oder im Prozess des Experimentierens unterscheiden, jedoch auch viele Gemeinsamkeiten aufweisen. Die Autor_innen nennen beispielsweise lineare, zyklische oder episodische, multi-zyklische und nicht-zyklische Prozessmuster. Darüber hinaus werden kombinierte Formen beschrieben (Arndt, 2016; Meier, 2016; Park et al., 2009). Obwohl diese Muster die individuelle Herangehensweise an unterschiedlichste Aufgaben beschreiben, scheinen diese nicht personen- oder aufgabenspezifisch zu sein. Die Ergebnisse von Arndt (2016) weisen darauf hin, dass die unterschiedlichen Prozessmuster mit der Erfahrung der_des Problemlöser_in in Verbindung stehen könnten. Inwiefern bestimmte Muster mit der Leistung beim Experimentieren, also mit bestimmten Niveaustufen, in Verbindung stehen, wurde bisher jedoch noch nicht untersucht.

² Cognitive Activation in the Classroom

Die Befundlage zu **experimentierspezifischen Kompetenzen** ist vielfältig. Die Vorstellungen Lernender bezüglich des Experimentierens weichen zum Teil stark von der Auffassung realer wissenschaftlicher Forschung ab (Hackling & Garnett, 1992, 1993b). Diese abweichenden Vorstellungen führen zu einer Vielzahl unterschiedlicher Vorgehensweisen, die sich beim Experimentieren zeigen. Hinsichtlich der Kompetenzen von Schüler_innen liegen bereits viele Erkenntnisse vor – sowohl zu deren Vorstellungen als auch zu den entsprechenden Vorgehensweisen (z. B. Grube, 2010; Hackling & Garnett, 1990; Meier, 2016). Auch Lehrer_innen, besonders deren Vorstellungen, wurden bereits untersucht (z. B. Brickhouse, 1990; Jonas, 1994; Müller & Duit, 2004). Zu den Experimentierkompetenzen Lehramtsstudierender liegen jedoch nur wenige Erkenntnisse vor. Hier liegt der Schwerpunkt der Studien vor allem auf deren Vorstellungen (z. B. Breslyn & McGinnis, 2012; Brickhouse, 1990; Danipog, 2015) oder auf ihrem pädagogischen Wissen bezüglich des Unterrichts naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (z. B. DeJong & van der Valk, 2007; Dudu & Vhurumuku, 2012). Untersuchungen zu den Kompetenzen Lehramtsstudierender bei der praktischen Ausführung von Experimenten sind nicht bekannt. Unbekannt ist daher, wie Studierende konkret bei der praktischen Konzeption und Ausführung von Experimenten vorgehen und wie sich diese Vorgehensweisen in den verschiedenen Phasen des Experiments zeigen (Arndt, 2016).

Inwiefern kognitive Fähigkeiten wie Intelligenz einen Einfluss auf **Performanz beim Experimentieren** nehmen, wird ambivalent diskutiert. Die Erkenntnisse sprechen jedoch besonders bei jüngeren Schüler_innen überwiegend für den Einfluss von Intelligenz auf die Leistung beim Experimentieren (Bullock & Ziegler, 1999; Hesse, 1982; Strohschneider, 1991). Viele Studien zeigen zudem einen positiven Einfluss des Vorwissens. Hier spielen sowohl das fachliche Wissen als auch das methodische Wissen eine Rolle (z. B. Brell et al., 2008; Carey, 1985; Greenhoot et al., 2004; Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn, 2007, 2009; Qin & Simon, 1990; Schauble, 1996; Weinstock & Cronin, 2003). Zunehmend wird der Einfluss des fachlichen Hintergrundes Erwachsener auf deren Experimentierkompetenz diskutiert. Hier wurde festgestellt, dass Studierende mit einem fachlich naturwissenschaftlichem Hintergrund höhere Leistungen beim Experimentieren erreichten als Studierende ohne naturwissenschaftlichen Hintergrund (Ding et al., 2016; Moore & Rubbo, 2012). Eine ähnliche Tendenz beschreiben Archer, Dawson, DeWitt, Seakins und Wong (2015) in ihrer Studie zum *Science Capital*. Die Ergebnisse weisen auf einen signifikanten positiven Zusammenhang zwischen dem Kurslevel (*top, middle and bottom set*) und ihrem *Science Capital* (*high, medium and low Science Capital*). Ein weiterer Einflussfaktor ist der semantische Kontext eines Problems. Hier zeigt sich, dass diejenigen Probleme, die in einen semantischen Kontext eingebettet sind, einfacher zu lösen sind als rein formale Probleme (Hackling & Garnett, 1993a; Mayer, 2007; Nehring et al., 2015; Robertson, 1987). Erklärt wird dieser Effekt mit dem Einfluss des Vorwissens, das in semantisch eingekleideten Kontexten eine größere Rolle spielt als in rein formalen Kontexten.

Untersuchungen zur **Bedeutung von Lerngelegenheiten** für den Kompetenzzuwachs von Lehramtsstudierenden zeigen, dass formale, universitäre Lerngelegenheiten einen signifikanten positiven Einfluss auf die Kompetenzen der Studierenden haben (Fritsch et al.; Fritsch et al., 2014; Kleickmann & Anders, 2011; Kunina-Habenicht et al., 2013). Dieser positive Einfluss konnte auch in Bezug auf non-

2 Theorie

formale Lerngelegenheiten wie Lehrerfortbildungen gezeigt werden (Brunner et al., 2006). Zur Berufserfahrung als informelle Lerngelegenheit liegen unterschiedliche Ergebnisse vor; ein positiver Einfluss wurde jedoch nicht eindeutig festgestellt.

2.3 Problemstellung

Die vorliegende Studie greift explizit die Verbindung von kognitiven und handlungsbezogenen Aspekten der Experimentierkompetenz auf und untersucht diesbezüglich individuelle Prozessstrukturen sowie prozessbezogene Niveaustufen von Experimentierprozessen Lehramtsstudierender der Biologie. Der Fokus richtet sich dementsprechend auf die Verbindung zwischen latenter und manifester Ebene sowie auf das Konstrukt Experimentierkompetenz, d. h. die individuellen Prozessstrukturen und prozessbezogenen Niveaustufen der Experimentierprozesse (Abbildung 22).

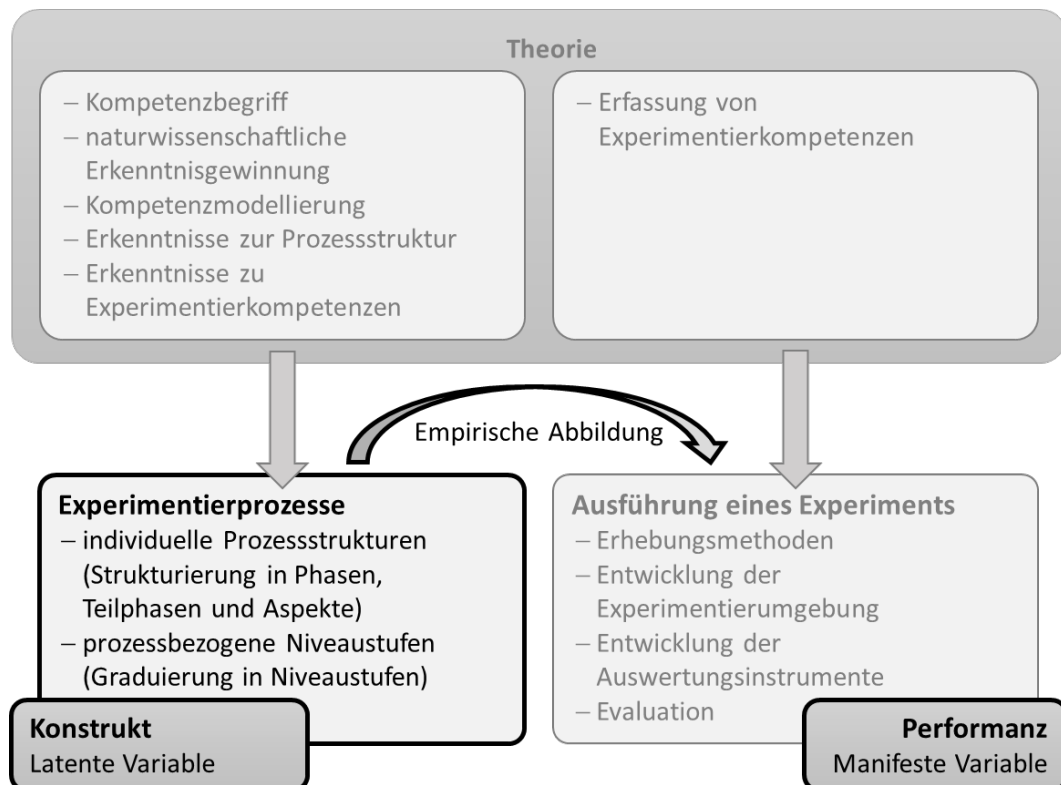


Abbildung 22. Konzeption des Projekts – Fokus der Studie.

Die dynamischen, prozesshaften Aspekte der Experimentierkompetenz erfordern Untersuchungsmethoden, welche die in Kapitel 2.1.3 (Seite 10) beschriebenen Merkmale von Problemlöseprozessen (Baker & Mayer, 1999) fokussieren. Die Anforderungen, die diesbezüglich an die Auswahl der Erhebungsmethoden, die Entwicklung und Evaluation der Auswertungsinstrumente sowie die Auswahl der Analyseverfahren gestellt werden, lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Kognitiv – Problemlöseprozesse sind latent und können nur indirekt aus dem Verhalten der problemlösenden Person geschlossen werden. Die Entwicklung der Auswertungsinstrumente erfordert dementsprechend geeignete Operationalisierungen, um von der Ebene der Performanz objektive Rückschlüsse auf die Konstruktebene, also die Experimentierkompetenzen, zu ziehen.

Prozessorientiert – Bei Problemlöseprozessen handelt es sich um eine Veränderung oder Transformation von Wissen. Die Erhebungsmethoden müssen dementsprechend geeignet sein, diese Veränderungen zu erfassen und damit der Dynamik und Prozesshaftigkeit von Experimentieren gerecht werden.

Gerichtet – Bezeichnend für Problemlöseprozesse ist die Überwindung der Diskrepanz zwischen Ausgangszustand und angestrebtem Zielzustand. Problemlösen erfordert daher zielgerichtetes Denken und Handeln in Situationen, in denen keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind (Klieme et al., 2001; Mayer, 2007). Diese Zielgerichtetheit muss bei der Entwicklung der Experimentieraufgabe insofern berücksichtigt werden, als dass diese genügend Offenheit für die Zielsetzungen der Proband_innen bieten muss.

Personenbezogen – Problemlöseprozesse hängen von den vorhandenen Kenntnissen und Fähigkeiten der_des Problemlöser_in ab. Das Vorwissen der Proband_innen muss dementsprechend bei der Entwicklung der Experimentieraufgabe (Standardisierung der Informationen) und bei der Analyse der Ergebnisse Berücksichtigung finden.

Beurteiler-Übereinstimmung der Auswertungsinstrumente

Voraussetzung für die Erfassung und Beschreibung von Experimentierprozessen ist die Definition von Handlungskategorien, die systematisch in einem Auswertungsinstrument beschrieben sind. Der vorliegenden Studie liegt das von Kambach et al. (in Vorbereitung; 2013) entwickelte *Strukturmodell zum Experimentieren* zugrunde. Aufbauend darauf entwickelten Arndt (2016) und Kambach et al. (2013) ein entsprechendes Kodiermanual. Arndt (2016) untersuchte unter Verwendung einer teilstrukturierter Experimentieraufgabe in Bezug auf unterschiedliche chemische Kontexte die Experimentierprozesse von Lehramtsstudierenden auf Ebene der Phasen. Hier ist noch offen, inwiefern sich die Struktur des Modells in Experimentierprozessen zu einem biologischen Kontext zeigt und inwiefern das Kodiermanual auch auf Ebene der Teilphasen und Aspekte ein reliables Instrument darstellt.

Empirische Abbildung

Die Modellierung von Experimentierprozessen erfolgt auf der Grundlage von Kompetenzmodellen, welche die Struktur einer Kompetenz sowie deren Graduierung abbilden. Besonders geeignet für die detaillierte und differenzierte Erfassung sowie Analyse von Experimentierprozessen unter besonderer Berücksichtigung der handlungsbezogenen Phase der *Durchführung* eignet sich das *Strukturmodell zum Experimentieren* (Kambach et al., in Vorbereitung; 2013). Darin strukturieren Kambach et al. (in Vorbereitung; 2013) die Experimentierkompetenz in sieben Phasen auf der ersten Ebene, welche auf einer zweiten Ebene insgesamt in zehn Teilphasen gegliedert sind. Diese umfassen auf einer dritten Ebene 89 Aspekte. Inwiefern sich diese drei Ebenen bei der Bearbeitung einer offenen Experimentieraufgabe in einem biologischen Kontext zeigen, soll in dieser Studie untersucht werden. Eine Fragestellung des vorliegenden Projekts bezieht sich entsprechend auf die empirische Abbildung dieser Struktur in den Daten.

Frage 1

Inwiefern bildet sich die Strukturierung des theoretisch hergeleiteten *Strukturmodells zum Experimentieren* auf allen drei Ebenen (Phasen, Teilphasen und Aspekte) in den empirischen Daten ab?

Die Ergebnisse einer Studie zu Experimentierprozessen von Lehramtsstudierenden der Chemie zeigen, dass sich diese mithilfe des *Strukturmodells zum Experimentieren* beschreiben lassen (Arndt, 2016). In Bezug auf einen chemischen Kontext und unter Einsatz einer strukturierten Experimentieraufgabe konnte Arndt (2016) auf der ersten Ebene alle *Phasen* und auf der zweiten Ebene alle *Teilphasen* des Modells in den Experimentierprozessen beobachten. Die Autorin zeigte zudem, dass auf der dritten Ebene ein Großteil der *Aspekte* im *Strukturmodell zum Experimentieren* in den Experimentierprozessen beobachtbar sind. Einige der *Aspekte* kamen hier jedoch nicht vor. Arndt (2016) äußert die Vermutung, dass verschiedene Aufgaben in unterschiedlichen Domänen und Kontexten andere und/oder weitere Aspekte von Experimentierprozessen initiieren können. Diese Aussage führt weiterhin zu der Annahme, dass aufgrund der unterschiedlichen Kontexte und Aufgabenstrukturen andere Aspekte der Experimentierkompetenz sichtbar werden.

Bisherige Studien, insbesondere diejenige von Arndt (2016) und Meier (2016) haben gezeigt, dass der Einsatz praktischer Experimentieraufgaben eine geeignete Methode ist, um Experimentierkompetenzen zu erheben (Arndt, 2016; Meier, 2016). Diese Studien verdeutlichen, dass sich im Zusammenhang mit praktischen Experimentieraufgaben insbesondere Aspekte der *Durchführungsphase* zeigen. Entsprechend werden in Bezug auf das hier vorgestellte Projekt die folgenden Hypothesen aufgestellt:

H1a: Die theoretisch hergeleitete Struktur der Phasen und Teilphasen bildet sich in der empirischen Datenstruktur ab. Alle Phasen und Teilphasen des Modells werden demzufolge im Datenmaterial kodiert.

H1b: Im Vergleich zu den von Arndt (2016) in einer chemischen Domäne beobachteten Aspekten werden andere domänenspezifische Aspekte des Strukturmodells angesprochen. Demzufolge werden im Datenmaterial andere Aspekte kodiert als bei Arndt (2016).

H1c: In der empirischen Datenstruktur zeigen sich insbesondere handlungsbezogene Prozesse, welche der *Durchführungsphase* zugeordnet werden. Die Kategorie *Durchführung* umfasst demzufolge eine hohe Anzahl an kodierten Einheiten und es werden viele der handlungsbezogenen Aspekte angesprochen.

Beschreibung individueller Prozessstrukturen

Die Studien von Arndt (2016) und Meier (2016) zeigten, dass Proband_innen bei der Bearbeitung von Problemlöseaufgaben unterschiedlich vorgehen und sich deren Prozesse dementsprechend unterscheiden. Arndt (2016) analysierte auf Basis von Kodierungen in Transkripten die Abfolge der Experi-

mentierphasen (Phasenwechsel) sowie den Wechsel zwischen den Untersuchungsfaktoren (Experimentwechsel) und kommt zu dem Schluss, dass sich die Experimentierprozesse diesbezüglich unterscheiden. Meier (2016) beschreibt ebenfalls unterschiedliche Vorgehensweisen bezogen auf die zeitliche Strukturierung des Arbeitsprozesses sowie auf Basis frequenzbezogener Analysen der Handlungsverläufe, d. h. die Ausprägung der einzelnen Experimentierphasen.

Frage 2

Inwiefern unterscheidet sich interpersonell die Prozessstruktur der Experimentierprozesse von Lehramtsstudierenden der Biologie bei der Bearbeitung einer offenen Experimentieraufgabe in Bezug auf die Abfolge von Experimentierphasen (Phasenwechsel), die Wechsel zwischen Untersuchungsfaktoren (Experimentwechsel) sowie die Ausprägung der Experimentierphasen (Anzahl kodierter Einheiten)?

Der Vergleich von Untersuchungen zu Experimentierkompetenzen mithilfe praktischer Aufgabenformate (vgl. Kapitel 2.1.5, Seite 38) verdeutlicht, dass insbesondere in der Biologie wenige Studien Handlungs- oder Verlaufsmuster des Experimentierens analysieren. Bezogen auf die Naturwissenschaften allgemein sind zwei Studien bekannt, die unterschiedliche Muster beim Experimentieren beschreiben. Arndt (2016) beobachtet vier unterschiedliche Muster in den Experimentierprozessen von Lehramtsstudierenden der Chemie. Park et al. (2009) analysieren die Vorgehensweise von Wissenschaftler_innen der Physik beim Experimentieren und beschreiben fünf unterschiedliche Prozessmuster. Als ein geeignetes Kriterium für die Zuordnung von Experimentierprozessen zu bestimmten Prozessmustern hat sich in diesen Studien die Abfolge von Experimentierphasen herausgestellt (Arndt, 2016; Park et al., 2009). Das Kriterium der Phasenwechsel kann zum einen in die Richtung der Wechsel wie auch zum anderen in deren Häufigkeit differenziert werden. Arndt (2016) betrachtet diesbezüglich die Übergänge zwischen den unterschiedlichen Experimentierphasen sowie die Übergänge zwischen mehreren Experimenten (Faktoren oder Variablen). Die Analyse von Richtung und Häufigkeit der Phasenwechsel lässt Aussagen über den Vernetzungsgrad der Experimentierphasen zu.

Über das Kriterium der Phasenwechsel hinaus wird von Meier (2016) die Ausgeglichenheit der Phasen als ein Kriterium für die Zuordnung der Proband_innen zu bestimmten Typen herangezogen. Für die Analyse dieses Kriteriums kann die Ausprägung der Experimentierphasen, d. h. die Anzahl kodierter Einheiten je Phase, herangezogen werden. Im Zusammenhang wurden die Phasenwechsel und deren Vernetzung sowie die Ausprägung der Experimentierphasen bisher noch nicht untersucht. Diese theoretische Basis führt zu der folgenden Frage:

Frage 3

Inwiefern lassen sich auf Grundlage der Phasenwechsel sowie der Ausprägung der Experimentierphasen in den Experimentierprozessen spezifische Muster im Prozessverlauf unterscheiden?

Meier (2016) und Arndt (2016) konnten auf Grundlage der Abfolge von Experimentierphasen sowie auch deren Ausprägung unterschiedliche Muster in den Experimentierprozessen von Schüler_innen und Studierenden identifizieren. In Bezug auf Wissenschaftler_innen der Physik beschreiben auch Park et al. (2009) unterschiedliche Prozessmuster. Diese Erkenntnisse führen zu der folgenden Annahme:

H3a: Auf Grundlage der Abfolge der Experimentierphasen sowie der Ausprägung dieser sind unterschiedliche Prozessmuster identifizierbar.

Die Problemlöseforschung geht von einer Interaktion zwischen Problemlöser_in, Aufgabe und Kontext aus (Frensch & Funke, 1995, S. 22). Dementsprechend beeinflusst die Art einer Aufgabe beziehungsweise der Instruktion das Problemlöseverhalten der Proband_innen (Gahné & Smith, 1962; Werani, 2011). Ein bestimmendes Aufgabenmerkmal stellt die Offenheit des Lösungsweges dar (Kirchner et al., 2010; Taconis et al., 2001). Arndt (2016) und Meier (2016) verwendeten in ihren Studien jeweils strukturierte Aufgaben, in denen die Kompetenzen innerhalb der Experimentierphasen mehr oder weniger explizit angeregt werden. Durch derartige Aufgaben wird das Durchlaufen der Phasen in einer bestimmten, idealtypischen Reihenfolge impliziert. Im Vergleich dazu ist die in der vorliegenden Studie eingesetzte Experimentierumgebung offen gestaltet, also ohne spezifische Aufgaben, die durch den Prozess führen. Daraus resultiert die folgende Hypothese:

H3b: Aufgrund der Offenheit der Experimentierumgebung und dem damit verbundenen Verzicht auf Impulse, die eine bestimmte Struktur im Experimentierprozess initiieren, zeigen sich im Vergleich zu anderen Studien vermehrt Prozessmuster, die nicht dem idealtypischen Ablauf im Experimentierprozess folgen wie beispielsweise eine abweichende Abfolge der Experimentierphasen, häufiger oszillierende Phasenwechsel oder das Ausbleiben von Experimentierphasen.

Beschreibung prozessbezogener Niveaustufen

Die Vertrautheit mit den Arbeits- und Erkenntnismethoden der Biologie wie beispielsweise Kenntnisse und Fertigkeiten im hypothesengeleiteten Experimentieren gehören zu den grundlegenden Voraussetzungen für den Lehrerberuf in den Naturwissenschaften (KMK, 2004). Die Befundlage zu Experimentierkompetenzen von Schüler_innen bis ins Erwachsenenalter (vgl. Kapitel 2.2.2, Seite 53ff.) verdeutlicht, dass die bestehenden Vorstellungen einen Einfluss auf die Performanz beim Experimentieren ausüben. Daraus resultieren unterschiedliche Vorgehensweisen in den verschiedenen Experimentierphasen, welche zu verschiedenen Problemen führen können. Diese Erkenntnisse führen zu der Frage:

Frage 4

Inwiefern lassen sich mit dem Auswertungsinstrument zu den Niveaustufen bei der Bearbeitung einer offenen Experimentieraufgabe unterschiedliche Qualitäten in den Experimentierprozessen beobachten?

Wie mehrere Autor_innen beschreiben, führen die Vorstellungen von Kindern und Erwachsenen zu unterschiedlichen Vorgehensweisen beim Experimentieren, welche sich teilweise mehr, teilweise weniger von der Vorgehensweise „realer“ Wissenschaftler_innen unterscheiden (Möller et al., 2009; Vosniadou & Brewer, 1992). Diese Erkenntnisse führen zu der folgenden Hypothese:

H4: Lehramtsstudierende der Biologie zeigen unterschiedliche Herangehensweisen in den verschiedenen Phasen der Experimentierprozesse, was mit der Kodierung eines breiten Spektrums an Niveaustufen zum Ausdruck kommt.

Die Frage, welche Merkmale als Prädiktoren für die Qualität von Experimentierprozessen fungieren, wird in der Literatur bereits vielfach, zum Teil auch divers diskutiert. Hier werden als Personenmerkmale inhaltliches und methodisches Vorwissen (z. B. Brell et al., 2008; Carey, 1985; Greenhoot et al., 2004; Klahr & Dunbar, 1988; Kuhn, 2007, 2009; Qin & Simon, 1990; Schauble, 1996; Weinstock & Cronin, 2003) sowie der fachliche Hintergrund (z. B. Ding et al., 2016; Moore & Rubbo, 2012) diskutiert. Diese Befundlage führt zu der Frage:

Frage 5

Inwiefern können das Vorwissen der Studierenden (Lerngelegenheiten) sowie der fachliche Hintergrund (ein naturwissenschaftliches Fach versus zwei naturwissenschaftliche Fächer) die unterschiedliche Performanz der Studierenden erklären?

Hartmann et al. (2015b) stellten fest, dass Studierende mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern höhere Kompetenzausprägungen zeigen als Studierende mit nur einem naturwissenschaftlichen und einem anderen Fach. Sie weisen zudem auf den Anstieg der Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung von Lehramtsstudierenden im Laufe des Studiums hin (Stiller et al., 2016). Die steigenden Kompetenzausprägungen von Lehramtsstudierenden im Laufe des Studiums können auf das Angebot von institutionellen Lerngelegenheiten zurückgeführt werden, welche einen positiven Einfluss auf die Kompetenzen Lehramtsstudierender ausüben (Fritsch et al., 2014; Kunina-Habenicht et al., 2013). Diese Ergebnisse führen zu den folgenden Hypothesen:

H5a: Die Qualität der Experimentierprozesse steht im Zusammenhang mit dem fachlichen Hintergrund der Studierenden. Die Experimentierprozesse von Studierenden mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern zeigen höhere Niveaustufen als diejenigen mit einem naturwissenschaftlichen Fach.

H5b: Die Qualität der Experimentierprozesse steht im Zusammenhang mit dem Fortschritt des Studiums. Die Experimentierprozesse von Studierenden am Ende des Master of Education zeigen höhere Niveaustufen im Vergleich zu ihren Kommiliton_innen zu Beginn des Master of Education.

H5c: Die Qualität der Experimentierprozesse steht im Zusammenhang mit den wahrgenommenen Lerngelegenheiten. Studierende, die über mehr institutionelle und wahrgenommene Lerngelegenheiten bezüglich des Kontextes oder der Methoden verfügen, zeigen ein höheres Kompetenzniveau als diejenigen, die über weniger Lerngelegenheiten verfügen.

Inwiefern bestimmte Prozessmuster mit der Leistung beim Experimentieren, also mit dem Erreichen bestimmter Niveaustufen, in Verbindung stehen, wurde bisher noch nicht untersucht. Die Vermutung, dass die Prozessmuster personen- oder aufgabenspezifisch sind, konnte bisher nicht bestätigt werden (Arndt, 2016).

Frage 6

Inwiefern steht die Qualität der Experimentierprozesse im Zusammenhang mit bestimmten Prozessmustern?

Arndt (2016) zeigte in ihrer Studie, dass Studierende bei wiederholter Bearbeitung einer Aufgabe zu dem iterativ-oszillierenden Prozessmuster tendieren. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die unterschiedlichen Prozessmuster mit der Erfahrung der/des Problemlöser_in in Verbindung stehen könnten. Klahr und Dunbar (1988) zeigen, dass Proband_innen, die dem Typus „Theoretiker“ zugeordnet sind, schneller zu einem Ergebnis kommen als diejenigen, die dem Typus „Experimentator“ angehören. Daraus lässt sich die folgende Hypothese ableiten:

H6: Die Prozessmuster unterscheiden sich in der Ausprägung der Niveaustufen. Bestimmte Prozessmuster sind erfolgreicher als andere, was sich in der Kodierung höherer Niveaustufen zeigt.

3 METHODE

Im Methodenteil dieser Arbeit wird der Fokus auf die Ebene der Performanz und somit auf die Bearbeitung einer Experimentieraufgabe gerichtet (Abbildung 23).

Es werden geeignete Methoden für die Erhebung von Experimentierkompetenzen unter besonderer Berücksichtigung der dynamischen, handlungsorientierten Aspekte von Problemlöseprozessen diskutiert (Kapitel 3.1, Seite 75ff.). Darauf aufbauend wird der Prozess der Entwicklung einer Experimentierumgebung (Kapitel 3.2.2, Seite 92ff.), geeigneter Auswertungsinstrumente (Kapitel 3.4.1, Seite 104ff.) sowie entsprechender Analyseverfahren (102, Seite 102ff.) beschrieben. Grundlage für methodische Entscheidungen sind die in Kapitel 2.1.3 (Seite 10ff.) vorgestellten Eigenschaften von Problemlöseprozessen: Kognitivität und Prozesshaftigkeit, beziehungsweise Dynamik, Personenbezogenheit und Zielgerichtetheit.

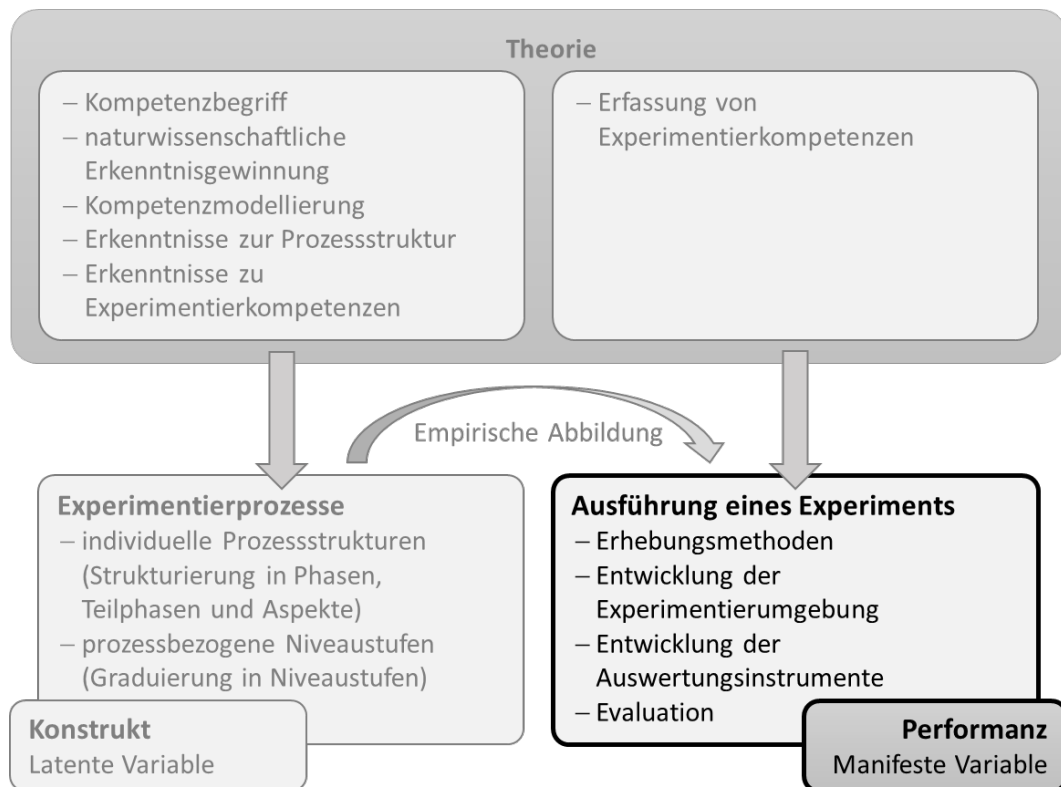


Abbildung 23. Konzeption des Projektes – Methodische Entscheidungen und theoriegeleitete Entwicklung der Instrumente.

3.1 Methodische Entscheidungen

Die Beantwortung der Forschungsfragen erfordert eine möglichst differenzierte, ganzheitliche und gegenstandsnahe Erfassung sowohl kognitiver als auch handlungsbezogener Aspekte des Experimentierens, welche insbesondere den prozesshaften Charakter des Problemlösens abbilden kann. Hierfür bieten sich qualitative Forschungsansätze an.

3.1.1 Qualitative Forschungsansätze

Bei dem Versuch, qualitative Forschungsansätze von quantitativer Forschung abzugrenzen, zeigt sich, dass eine klare Trennung dieser beiden Richtungen aufgrund ihrer methodologischen Basis nur unzureichend gelingt. Die Positionen zu beiden Richtungen, aber auch innerhalb der qualitativen Forschung, divergieren stark (Witt, 2001). Ein Grund hierfür ist, dass die qualitative Forschung eine Vielzahl verschiedener Herangehensweisen an die wissenschaftliche Untersuchung von Forschungsfragen (Döring & Bortz, 2016) und damit „*sehr unterschiedliche theoretische, methodologische und methodische Zugänge zur sozialen Wirklichkeit*“ (Kardorff, 1991, S. 3) umfasst (vgl. auch Atkinson, 2005; Döring & Bortz, 2016; Helfferich, 2005; Mruck & Mey, 2000). Detaillierte Abhandlungen über unterschiedliche Forschungsansätze in der qualitativen Forschung finden sich beispielsweise in (Corbin & Strauss, 2015; Flick, 2012; Helsper, Kelle & Koller, 2016; Hopf, 2016; Mayring, 2016; Mruck & Mey, 2000). Mit zunehmender Etablierung qualitativer Forschung in den letzten Jahrzehnten wird vermehrt über ihre grundlegenden Merkmale, Gütekriterien und Prinzipien diskutiert. Diese sind insbesondere für eine nachvollziehbare Forschungspraxis und die Bewertung der Qualität qualitativer Forschung von hohem Wert. Bisher haben sich innerhalb der qualitativen Forschung jedoch keine einheitlichen Prinzipien oder Gütekriterien etabliert, wie es beispielsweise in der quantitativen Forschung mit den Gütekriterien Validität, Objektivität und Reliabilität der Fall ist (Steinke, 2007).

Trotz der Problematik, qualitative und quantitative Forschungsansätze eindeutig voneinander abzugrenzen, lassen sich anhand des zugrundeliegenden Wissenschaftsverständnisses und der jeweiligen Zielvorstellungen dennoch einige wesentliche Charakteristika unterscheiden. Quantitative Forschung basiert auf einem naturwissenschaftlichen, analytisch-nomologischen Wissenschaftsverständnis (Döring & Bortz, 2016; Häder, 2015). Es geht vor allem darum, Hypothesen über kausale Zusammenhänge zwischen verschiedenen Variablen an der Realität zu überprüfen, indem die komplexe Information mithilfe geeigneter mathematisch-statistischer Verfahren auf die relevanten Merkmale reduziert wird (Raithel, 2008). Im Gegensatz dazu steht qualitativ orientierte Forschung in der Tradition der Geisteswissenschaften (Döring & Bortz, 2016) und basiert auf dem Erkenntnisprinzip des Verstehens. Ziel ist es daher nicht, den jeweiligen Objektbereich zu messen und zu erklären, sondern ihn zu verstehen. Es sollen die besonderen Eigenschaften und Merkmale eines Untersuchungsgegenstandes, also seine Qualität im Sinne der Beschaffenheit, möglichst differenziert, ganzheitlich und gegenstandsnah erfasst werden. Qualitativen Forschungsansätzen wird eine dynamisch-prozessuale Vorgehensweise zugeschrieben, welche eine bessere Eignung zur Erfassung von Wandlungsvorgängen ermöglicht, die primär am subjektiven Erleben und an der Verarbeitung der Veränderungen interessiert sind (z. B. Gläser & Laudel, 2010; Raithel, 2008; Schwartz & Jacobs, 1979).

Qualitative Forschung rekonstruiert latente Sinnstrukturen und versucht die Komplexität von Handlungsstrukturen am Einzelfall zu erschließen. Sie ermöglicht auf dieser Basis zum einen eine Hypothesen- und Theorieprüfung (z. B. Kelle, Kluge & Prein, 1993; Lamnek, 2005; Mayring, 2007) und auf der anderen Seite eine empirisch begründete Hypothesen- und Theoriebildung (Mayring, 2003; Mruck & Mey, 2000). Im Gegensatz zu quantitativer Forschung erheben qualitative Forschungsansätze keinen Anspruch auf Aussagen über Repräsentativität, numerische Verallgemeinerungen oder die Verteilung

bestimmter Phänomene. Dennoch wird vielfach die hohe Bedeutung und Wichtigkeit der Generalisierung der Forschungsergebnisse als ein Kernbereich und zentrales Merkmal wissenschaftlicher Arbeit in qualitativen Studien hervorgehoben (z. B. Diriwächter, Valsiner & Sauck, 2005; Flick, 2005; Mayring, 2007; Schreier, 2010; vgl. auch Kapitel 3.1.2, Seite 84f.). Hier wird in der qualitativen Forschung die theoretische Verallgemeinerbarkeit herangezogen, welche die Repräsentativität der Analyseergebnisse sicherstellen soll (Mayring, 2007).

In Bezug auf das Experimentieren als Prozess des Problemlösens spielt der dynamisch-prozessuale Charakter qualitativer Forschung eine besondere Rolle, da auf diese Weise die spezifischen Eigenschaften von Problemlöseprozessen (vgl. Kapitel 2.1.3, Seite 10) erfasst werden können. Durch die Flexibilität der eingesetzten Methoden und die prinzipielle Offenheit der Erhebungssituation wird die Dynamik von Prozessen berücksichtigt, weshalb sich diese Herangehensweisen für die Untersuchung von Experimentierprozessen besonders eignen.

3.1.2 Qualitätssicherung

Gütekriterien sollen die Qualität der Forschungsergebnisse sicherstellen und sind damit ein wichtiger Standard empirischer Forschung. Während sich in der quantitativen Forschung über Jahrzehnte hinweg die Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität etabliert haben, herrscht in der qualitativen Forschung zur Frage von Qualitäts- bzw. Bewertungskriterien keine Einigkeit (z. B. Döring & Bortz, 2016; Steinke, 2007). In der daraus resultierenden Diskussion um die Qualität qualitativer Forschung bestehen unterschiedliche Auffassungen. Es besteht weitgehende Übereinstimmung darin, dass die Bewertung der wissenschaftlichen Qualität qualitativer Forschung sinnvoll und notwendig ist (Döring & Bortz, 2016). In dieser Debatte um die Geltungsbegründung und Qualitätssicherung qualitativer Forschung werden unterschiedliche Ansätze diskutiert (Flick, 2010a; Mey & Mruck, 2010a):

- (1) Anwendbarkeit der klassischen Kriterien,
- (2) Reformulierung herkömmlicher Kriterien,
- (3) Formulierung alternativer, methodenangemessener Kriterien.

Vielfach wird die standardisierte Übertragung der klassischen Gütekriterien auf qualitative Forschungsmethoden, insbesondere aufgrund der Vielfältigkeit der Forschungsansätze, hinterfragt (z. B. Corbin & Strauss, 1990; Flick, 1987; Golafshani, 2003; Kelle et al., 1993; Lincoln & Guba, 1985; Lüders & Reichertz; Mayring, 2016; Steinke, 2007). Es setzt sich immer mehr die Einsicht durch, dass Gütekriterien qualitativer Forschung neu definiert und mit neuen Inhalten gefüllt werden müssen. Der gegenstandsnahe und kontextabhängige Charakter qualitativer Forschungsmethoden erfordert flexible, anpassungsfähige Gütekriterien, welche den bestehenden Eigenschaften einer qualitativen Untersuchung nachkommen. Neben der Formulierung allgemeiner Gütekriterien für qualitative Forschungsansätze wird daher auch argumentiert, dass in einer konkreten Studie je nach Fragestellung, Untersuchungsgegenstand und eingesetzten Methoden entschieden werden muss, welche Kriterien angemessen sind (Flick, 2010a; Mayring, 2016; Steinke, 2007). Hier wird vermehrt auf die Entwicklung von Strategien der Geltungsbegründung beziehungsweise Qualitätsförderung und -sicherung zurückgegriffen, welche die Qualitätsfrage über den einzelnen Schritt im Forschungsprozess hinaus auf die Bewertung

des Prozesses als Ganzheit ausweiten (Flick, 2007). Krippendorff (1980) formuliert beispielsweise inhaltsanalytische Gütekriterien (Abbildung 24), in denen er die Konzepte der Validität und Reliabilität aufgreift und diese auf das Material, den Prozess sowie das Ergebnis richtet (z. B. Krippendorff, 1980, 2012; siehe auch Mayring, 2003).

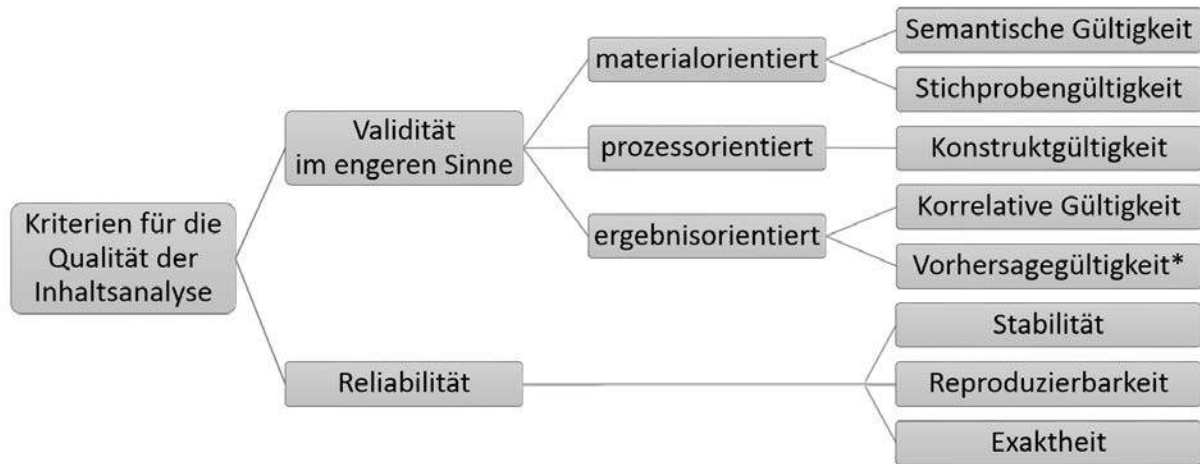


Abbildung 24. Inhaltsanalytische Gütekriterien nach Krippendorff (Krippendorff, 1980, 2012).

**Aufgrund der kleinen Stichprobe kann die Vorhersagegültigkeit in dieser Studie nicht als Maß für die Validität herangezogen werden.*

Das Gütekriterium der Reliabilität zielt bei diesen Ansätzen im Sinne einer stärker prozeduralen Konzeption darauf ab, die Erhebung, Analyse und Interpretation der Daten so darzulegen, dass der Forschungsprozess nachvollziehbar wird (Flick, 2010a). Hierzu gehören etwa einheitliche und exakte Vorgaben für die Transkription der Daten (z. B. Dresing & Pehl, 2010; Kowal & O'Connell, 2000; Moritz, 2014a) oder die deutliche Kennzeichnung von Primärdaten wie Interviews oder Videos, in Abhebung von Zusammenfassungen oder Interpretationen durch die_ den Forschende_n. Schließlich soll sich die Reliabilität im gesamten Prozess durch dessen reflexive Dokumentation erhöhen (Flick, 2010a; Seale, 1999).

In Hinblick auf die qualitative Ausrichtung der vorliegenden Arbeit werden in Anlehnung an die klassischen Gütekriterien der Testtheorie (Objektivität, Reliabilität und Validität, Amelang & Schmidt-Atzert, 2006) ausgewählte qualitativ orientierte Kriterien herangezogen, um die Objektivität, Reliabilität sowie Validität des Verfahrens und der Ergebnisse zu prüfen und zu sichern.

Objektivität

Regelgeleitetheit

Neben der Offenheit gegenüber ihrem Gegenstand soll qualitative Forschung in der Analyse auch bereit sein, das geplante Vorgehen zu modifizieren, um dem Gegenstand näherzukommen. Diese Offenheit muss jedoch Hand in Hand mit Regelgeleitetheit gehen, d. h. das Vorgehen muss sich an vorab definierten und klar beschriebenen Regeln orientieren, um die Objektivität der Durchführung, Auswertung und Interpretation zu gewährleisten (Mayring, 2016). Hier können drei Bereiche unterschieden

werden: die Durchführungsobjektivität ist das Ausmaß der Unabhängigkeit der Ergebnisse von der versuchsdurchführenden Person und den räumlichen Bedingungen; die Auswertungsobjektivität meint das Ausmaß, in dem gleiches Verhalten einer Testperson immer gleich ausgewertet wird; und die Interpretationsobjektivität meint das Ausmaß, in dem die Interpretation von Testwerten immer auf die gleiche Weise erfolgt (Amelang & Schmidt-Atzert, 2006).

In der vorliegenden Arbeit wurde sowohl bei der Entwicklung der Experimentierumgebung und der Auswertungsinstrumente als auch bei der Analyse des Datenmaterials nach vorher festgelegten Ablaufmodellen (siehe zum Beispiel Abbildung 32, Seite 103) vorgegangen. Diese Vorgehensweisen zergliedern den Entwicklungs- bzw. Analyseprozess in einzelne Schritte und beschreiben spezifische Verfahrensregeln. Damit wird die systematische Erhebung der Daten sowie eine regelgeleitete Bearbeitung und Interpretation des Materials sichergestellt. Das systematische Vorgehen bei der Entwicklung der Experimentierumgebung sowie der Erhebung der Daten ist in den Kapiteln 3.2.2 (Seite 92ff.) und 3.2.4 (Seite 98ff.) beschrieben. Die Verfahrensregeln für die Entwicklung und Überarbeitung der Auswertungsinstrumente wird in Kapitel 3.4.1 (Seite 104) dargestellt, die Kodiermanuale im Anhang 11 bis Anhang 18 beschreiben die Regeln für den Auswertungsprozess. Die Methoden für die Analyse und Interpretation der Daten werden in 3.5 (Seite 116ff.) beschrieben.

Intersubjektive Nachvollziehbarkeit

Die in qualitativen Studien angewendeten Verfahren sind meist spezifisch auf den jeweiligen Gegenstand bezogen, und die Methoden werden oft speziell für diesen Gegenstand entwickelt oder an diesen angepasst. Um die Nachvollziehbarkeit der angewendeten Verfahren sicherzustellen, muss der Forschungsprozess bis ins Detail dokumentiert werden (Mayring, 2016; Steinke, 2007). Für die vorliegende Untersuchung stellen die in Tabelle 12 (Seite 80) aufgeführten Aspekte die Transparenz und Nachvollziehbarkeit des Verfahrens sicher.

Tabelle 12. Aspekte zur Sicherstellung der Transparenz und Nachvollziehbarkeit in der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an Helsper et al. (2016), Mayring (2010) sowie Steinke (1999, 2007).

<i>Aspekte</i>	<i>Kapitel</i>
<i>Zugrundeliegendes Vorverständnis</i>	Kapitel 0, Seite 5ff.
<i>Methodische Entscheidungen</i>	Kapitel 3.1, Seite 75ff.
<i>Samplingstrategien</i>	Kapitel 3.2.3, Seite 96ff.
<i>Methoden der Datenerhebung</i>	Kapitel 3.2.1, Seite 86ff.
<i>Transkriptionsregeln</i>	Anhang 9, Leitfaden zur Transkription
<i>Entwicklung der Auswertungsinstrumente</i>	Kapitel 3.4, Seite 102ff.
<i>Zusammenstellung der Auswertungsinstrumente</i>	Anhang 9 bis Anhang 18
<i>Auswertungsprozess</i>	Kapitel 3.4, Seite 102ff.
<i>Verfahren bei der Analyse der Daten</i>	3.5, Seite 116ff.

Reliabilität

Die Reliabilität ist ein Maß für die formale Genauigkeit beziehungsweise Verlässlichkeit wissenschaftlicher Messungen (Döring & Bortz, 2016). Ziel ist es, die Intersubjektivität der Interpretationen sicherzustellen und damit eine hohe Zuverlässigkeit der Auswertungsinstrumente sowie der Ergebnisse zu erreichen. Die Reliabilität kann mit unterschiedlichen Methoden (Reliabilitätstypen) geschätzt und beurteilt werden. Nach Krippendorff (1980, 2012) werden drei Merkmale unterschieden (siehe Abbildung 24, Seite 78): Stabilität, Reproduzierbarkeit und Exaktheit.

Die **Stabilität** wird durch die wiederholte Anwendung des Auswertungsinstrumentes auf das Material überprüft. Bei der Entwicklung der Kodiermanuale wird dieser Aspekt berücksichtigt, indem die Beurteiler-Übereinstimmung geprüft wird (siehe Kapitel 3.4.1, Seite 110ff.).

Die **Reproduzierbarkeit** äußert sich in dem Grad, in dem die Analyse anderer Analytiker zu denselben Ergebnissen führt. Die Reproduzierbarkeit ist abhängig von der Expliztheit und Exaktheit der Kodierregeln und wird im vorliegenden Projekt mithilfe der Beurteiler-Übereinstimmung gemessen (siehe Kapitel 3.1.2, Seite 81f.).

Die **Exaktheit** als stärkstes Reliabilitätsmaß setzt Stabilität und Reproduzierbarkeit des Instruments voraus. Sie misst den Grad, zu dem die Analyse einem bestimmten funktionellen Standard entspricht. In der vorliegenden Arbeit wird die Exaktheit der Instrumente in Anlehnung an Krippendorff (1980; siehe auch Mayring, 2003) auf vier Wegen geprüft. Hierbei wird systematisch nach einem festgelegten Leitfaden vorgegangen (siehe Anhang 19). Erstens wird im Entwicklungsprozess der Kodiermanuale bei Unstimmigkeiten mehrerer Beurteiler_innen überprüft, inwiefern sich diese Auswertungseinheiten systematisch vom restlichen Material unterscheiden. Zweitens wird überprüft, ob Unstimmigkeiten bei bestimmten Kategorien wiederholt vorkommen, welche dann im Falle durch eine klarere Formulierung der Indikatoren, Definitionen und Hinweise behoben werden. Drittens werden nicht eindeutige Kategorien regelbasiert überarbeitet und gegebenenfalls fusioniert, und viertens wird die Beurteiler-Übereinstimmung als Maß der Exaktheit herangezogen.

Beurteiler-Übereinstimmung

In der qualitativen Forschung ist die Beurteiler-Übereinstimmung (Wirtz & Caspar, 2002), auch als Interrater-Reliabilität (Fleiss, Levin & Paik, 2003; Gwet, 2014), *Interrater Agreement* oder Urteilskonkordanz (Bortz & Lienert, 2003) bezeichnet, eine wesentliche Methode für die Prüfung und Sicherung der Zuverlässigkeit (Reliabilität) von Messungen. Sie bezeichnet das Ausmaß der Übereinstimmung zwischen zwei oder mehr Rater_innen in Bezug auf dasselbe Testobjekt (Wirtz & Caspar, 2002). Für die Zuordnung der Codes zum Datenmaterial werden damit bestimmte Qualitätskriterien angelegt, welche gewährleisten, dass die Zuordnung nicht willkürlich erfolgt. Dadurch wird eine bestimmte Zuverlässigkeit erreicht (VERBI Software, 2015a). Mit der Prüfung der Beurteiler-Übereinstimmung kann festgestellt werden, inwiefern die Kodierungen unabhängig vom Beobachter sind. Eine Möglichkeit dafür ist, das Datenmaterial von zwei oder mehr Personen unabhängig voneinander kodieren zu lassen und die Übereinstimmung beziehungsweise Nicht-Übereinstimmung der Kodierungen miteinander zu vergleichen (z. B. Fleiss et al., 2003; VERBI Software, 2015a; Wirtz & Caspar, 2002). Voraussetzung für diese Berechnung der Übereinstimmung zwischen Rater_innen ist die Unabhängigkeit der jeweiligen Urteile. Rater_innen dürfen sich nicht gegenseitig beeinflussen, und ihre Beurteilung darf keinen Einfluss auf die anderen Rater_innen haben (Wirtz & Caspar, 2002). In qualitativen Forschungsansätzen hat die Berechnung der Beurteiler-Übereinstimmung in erster Linie die Verbesserung der Güte der Kodierungen zum Ziel. Dabei wird angestrebt, eine möglichst hohe Zuverlässigkeit der Kodierungen zu erreichen. Nach der Ermittlung des Koeffizienten für die Urteils-Übereinstimmungen werden daher Differenzen zwischen den Rater_innen diskutiert und geklärt, wie diese zustande gekommen sind (diskursive oder kommunikative Validierung; Heinze & Thiemann, 1982). Ziel ist es, diese Nicht-Übereinstimmungen zu beseitigen (VERBI Software, 2015a).

Die Übereinstimmung zwischen Rater_innen auf Nominalskalenniveau wird anhand von Koeffizienten bestimmt, welche die Gleichheit versus die Ungleichheit der Zuordnungen durch die Rater_innen berücksichtigen. Je häufiger die Rater_innen in ihren Urteilen übereinstimmen und je seltener ihre Urteile divergieren, desto höher ist ihre Übereinstimmung. In der vorliegenden Arbeit werden mit der Berechnung der Beurteiler-Übereinstimmung zwei unterschiedliche Ziele verfolgt: (1) Zunächst gilt sie der Weiterentwicklung der Kodiermanuale; für diesen Zweck wird die prozentuale Übereinstimmung berechnet, um insbesondere die Nicht-Übereinstimmungen analysieren zu können. (2) Am Ende dieses Prozesses wird der Kappa-Wert nach Brennan und Prediger (1981) als Übereinstimmungsmaß herangezogen, um die Güte der Kodiermanuale zu bewerten, welche der Kodierung aller Daten zugrunde liegen.

Die Berechnung beider Übereinstimmungsmaße erfolgt mithilfe der Analysesoftware MAXQDA 12 (VERBI Software, 2015b). Die kodierten Einheiten gelten als Vergleichslevel. In einem Transkript stellt eine Einheit beispielsweise einen gesprochenen Satz dar, welcher als Absatz bezeichnet wird. Es wird also auf Absatzebene geprüft, inwiefern die beiden Kodierer_innen in ihren Kodierungen übereinstimmen.

Die **Prozentuale Übereinstimmung (PÜ)** ist das einfachste Maß der Übereinstimmung. Sie gibt den prozentualen Anteil der Übereinstimmungen zwischen den Ratern an (Fleiss & Cohen, 1973; Wirtz & Caspar, 2002). Üblicherweise ist dieses Verfahren auf nominalskalierte Daten anwendbar. Es handelt sich im vorliegenden Fall jedoch um ein offenes Kategoriensystem (siehe Kapitel 3.4.1, Seite 104ff.),

3 Methode

d. h. ein Absatz kann mehreren Codes zugeordnet werden, was einen Verstoß gegen die Nominalskaliertheit der Daten darstellt (Wirtz & Caspar, 2002). In der Analysesoftware MAXQDA 12 (VERBI Software, 2015b) wurde dieses Problem so gelöst, dass jede einzelne Kodierung des einen Raters mit der Kodierung des zweiten Raters auf Übereinstimmung verglichen wird. Die Gesamtsumme aller Kodierungen wird als Basis für die Berechnung der Übereinstimmungsmaße genommen. Hat beispielsweise ein Rater einem Absatz zwei Codes zugeordnet und der zweite Rater nur einen, werden drei Prüfvorgänge durchgeführt (VERBI Software, 2015a). Ein wichtiges Kriterium bei der Frage der Übereinstimmung von Ratern ist die Definition, wann zwei Kodierungen als übereinstimmend gewertet werden. Dieses Kriterium wird anhand des prozentualen Anteils des überlappenden Bereichs der Kodierungen definiert (ebd.). Da im vorliegenden Projekt die Kodiereinheiten im Kodiermanual festgelegt sind, werden die Werte der Beurteiler-Übereinstimmung mit einer Überschneidung von 100 % berechnet. Die Richtwerte für die Güte der prozentualen Übereinstimmung (PÜ) werden an die in Tabelle 13 beschriebenen Richtwerte für die Kappa-Werte angelehnt.

Auf Grundlage der oben beschriebenen prozentualen Übereinstimmung (PÜ) erfolgt auch die Berechnung der **Kappa-Werte (κ)**. Die Grundidee dieses Koeffizienten ist, die prozentuale Übereinstimmung um denjenigen Anteil zu reduzieren, welcher bei einer zufälligen Zuordnung der Codes zu den Absätzen zustande kommen würde (VERBI Software, 2015a).

In der Analysesoftware MAXQDA 12 erfolgt diese Berechnung in Anlehnung an Brennan und Prediger (1981). Vorteil im Gegensatz zu anderen Koeffizienten (wie z. B. Cohens Kappa Wirtz & Caspar, 2002) ist, dass die Berechnung nicht von den Randsummen abhängt und damit nicht zu Problemen führt, wenn ein Absatz unterschiedlich viele Kodierungen enthält (Brennan & Prediger, 1981). Damit berechnet sich Kappa wie folgt:

$$\text{Kappa} = (\text{PÜ} - \text{ZÜ}) / (1 - \text{ZÜ})$$

PÜ = Prozentuale Übereinstimmung; ZÜ = Zufällige Übereinstimmung

Die Berechnung der zufälligen Übereinstimmung (ZÜ) wird in Anlehnung an Brennan & Prediger (1981) anhand der Anzahl der Kategorien vorgenommen, die von beiden Rater_innen kodiert wurden (VERBI Software, 2015a). Hier wird *1: Anzahl der Kategorien* gesetzt; bei zehn Kategorien entspricht dies beispielsweise $1:10 = 0,1$. Die Beurteilung der Güte von Kappa-Werten erfolgt in der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an mehrere Autoren wie in Tabelle 13 dargestellt (Fleiss & Cohen, 1973; Landis & Koch, 1977; Wirtz & Caspar, 2002):

Tabelle 13. Festgelegte Grenzwerte für die Güte von Kappa-Werten in Anlehnung an Fleiss und Cohen (1973), Landis und Koch (1977) und Wirtz und Caspar (2002).

<i>Kappa-Wert</i>	<i>Güte</i>
$\kappa > .75$	sehr gut
$\kappa = .6 - .75$	gut
$\kappa = .4 - .6$	akzeptabel
$\kappa = .0 - .4$	schlecht

Bei sehr ungleichen Randsummenverteilungen kann es insbesondere bei dichotom zu kodierenden Codes dazu kommen, dass der Kappa-Wert sehr gering ausfällt, obwohl die prozentuale Übereinstimmung hoch ist. Dieses Problem tritt meistens dann auf, wenn ein Ereignis nur selten vorkommt (Cicchetti & Feinstein, 1990; Feinstein & Cicchetti, 1990; Spitznagel & Helzer, 1985). Grundsätzlich ist im Fall von selten kodierten Codes mit einer Häufigkeit von $p < 0,2$ (Wirtz & Caspar, 2002) zu beachten, dass die Wirkung von Kodierungen bei beiden Übereinstimmungsmaßen sehr hoch ist. Bei einer einzigen Nicht-Übereinstimmung fällt beispielsweise das Übereinstimmungsmaß sehr schlecht aus und umgekehrt. Daher fordern Wirtz & Caspar (2002) die zusätzliche Betrachtung von PÜ₊ und PÜ₋, da PÜ hierbei die tatsächliche Beurteiler-Übereinstimmung beispielsweise durch die große Anzahl negativer Urteile überschätzt. Aufgrund des großen Umfangs des Kodiermanuals beziehen sich einige der Kategorien auf seltene Ereignisse, sodass PÜ₊ und PÜ₋ für jede Kategorie ermittelt wurde (vgl. Anhang 21).

In Bezug auf die vorliegende Studie erfolgt die Berechnung der Beurteiler-Übereinstimmung bei der Kodierung der Daten (Videos und Transkripte). Hier werden 10 % des Datenmaterials von zwei Beurteiler_innen unabhängig kodiert. Das Ausmaß der Übereinstimmung zwischen den Kodierungen, die Beurteiler-Übereinstimmung, gilt als Kriterium für die Zuverlässigkeit der Auswertungsinstrumente.

Validität

Die Validität ist ein Bewertungskriterium der Qualität und bezeichnet das Ausmaß der Genauigkeit, mit der tatsächlich diejenigen Kompetenzen gemessen werden, die gemessen werden sollen. Entsprechend der *Standards for Educational and Psychological Testing* wird Validität definiert als "(...) *the degree to which evidence and theory support the interpretations of test scores for proposed uses of tests*" (AERA et al., 2014, S. 11). Der Begriff Validität bezieht sich demzufolge nicht auf einen Test selbst, sondern auf die Interpretationen, welche auf der Basis dieses Tests gefolgert werden. Nach Krippendorff (1980) wird die Validität in der qualitativen Forschung auf drei Wegen geprüft: prozessorientiert, materialorientiert sowie ergebnisorientiert.

Prozessorientiert

Die **Konstruktgültigkeit** oder **-validität** lässt sich durch etablierte Theorien und Modelle, durch repräsentative Interpretationen und Experten oder durch bisherige Erfolge mit ähnlichen Konstrukten oder Situationen überprüfen. Die Entwicklung des dieser Arbeit zugrundeliegenden *Strukturmodells zum Experimentieren* erfolgte auf der Grundlage etablierter, bereits empirisch überprüfter Modelle. Zudem wurde die theoretisch hergeleitete Struktur des Modells in einem umfassenden Expertenrating (Kambach et al., in Vorbereitung; Kambach et al., 2013) und einer empirischen Studie gestützt (Arndt, 2016).

Materialorientiert

Die **Semantische Gültigkeit** ist vergleichbar mit der Inhaltsvalidität (*Content Validity*) und bezeichnet die Richtigkeit der Bedeutungsrekonstruktion des Materials. Sie drückt sich in der Angemessenheit der Kategorien wie den Definitionen, Ankerbeispielen und Kodierregeln aus. Sie lässt sich unter anderem mithilfe mehrerer Kodierer_innen oder Rater_innen überprüfen. Wenn diese sehr ähnliche Urteile

abgeben, kann davon ausgegangen werden, dass dasselbe Merkmal erfasst wird. Diese Übereinstimmung der Urteile ist eine minimale Voraussetzung für die Validität (Wirtz & Caspar, 2002), jedoch noch keine hinreichende Bedingung (Lotz, Lipowsky & Faust, 2013b). Daher erfolgt die Sicherstellung der semantischen Gültigkeit der Beobachtungsinstrumente in der vorliegenden Arbeit vorwiegend im Entwicklungsprozess durch die Theoriegeleitetheit der Entwicklung des Kategoriensystems (siehe Kapitel 2.1.4, Seite 25ff.) sowie durch einen wiederholten wechselseitigen Austausch zwischen den Beurteiler_innen. Zudem werden den Beurteiler_innen in Beobachterschulungen auf Basis des Manuals möglichst exakte, standardisierte Informationen über die Erhebungssituation gegeben sowie ein gemeinsames theoretisches Verständnis der zu erfassenden Merkmale entwickelt. Mithilfe der Beurteiler-Übereinstimmung wird die semantische Gültigkeit abschließend überprüft (siehe Kapitel 0, Seite 127ff.).

Ausschlaggebend für die **Stichprobengültigkeit** oder **-validität**, d. h. die Repräsentativität der Stichprobe (Kelle et al., 1993), ist die theoriebezogene Repräsentativität, welche sich auf die jeweils bedeutsamen Merkmale beschränkt. Eine theoriebezogene repräsentative Stichprobe umfasst hinreichend vertretene Träger theoretisch relevanter Merkmalskombinationen, während für die Fragestellung nicht relevante Merkmale vernachlässigt werden (Kelle et al., 1993). In der vorliegenden Arbeit wurde mithilfe eines kriteriengesteuerten Ziehungsverfahrens (ebd.) sichergestellt, dass Träger relevanter Merkmalskombinationen, wie beispielsweise Studienfortschritt oder Fachkombination, berücksichtigt werden. Die Strategie der Fallauswahl wird in Kapitel 3.2.3 (Seite 96f.) detailliert beschrieben.

Ergebnisorientiert

Die **Korrelative Gültigkeit** bezieht sich auf die Validierung durch Korrelation mit einem Außenkriterium, etwa mit Ergebnissen einer Untersuchung mit ähnlicher Fragestellung und ähnlichem Gegenstand. In der vorliegenden Arbeit kann auf die Studie von Arndt (2016) zurückgegriffen werden, welcher ebenfalls das *Strukturmodell zum Experimentieren* zugrunde liegt und in der mit ähnlichen Instrumenten (praktische Experimentieraufgabe, Kodiermanuale) und ähnlichen Methoden (Lautes Denken und Videographie) gearbeitet wurde.

Generalisierbarkeit

Die Generalisierung von Forschungsergebnissen ist ein Kernbereich wissenschaftlicher Arbeit und ein zentrales Ziel sowohl quantitativer als auch qualitativer Wissenschaft. Aus einzelnen Beobachtungen wird durch die Abstraktion von Daten versucht, allgemeine Formulierungen abzuleiten (Mayring, 2007). Einige Autor_innen unterscheiden die Art der Generalisierung bei qualitativen im Gegensatz zu quantitativen Studien. Flick (2005) differenziert hier beispielsweise zwischen numerischer und theoretischer Verallgemeinerbarkeit. Mit dem Kriterium der theoretischen Verallgemeinerbarkeit oder Generalisierbarkeit wird geprüft, inwiefern die im Forschungsprozess entwickelten Ergebnisse auf andere Kontexte wie Personen, Bedingungen oder Situationen übertragbar sind. Damit soll die Forschung dem Anspruch externer Validität gerecht werden (Steinke, 2007; Yin, 2014). Es wird demzufolge die Repräsentativität der Analyseergebnisse geprüft, um die Gültigkeit und die Grenzen der generierten Ergebnisse oder Theorien aufzuzeigen (Steinke, 2007). Im Gegensatz zur numerischen Generalisierbarkeit ist die Anzahl der untersuchten Individuen oder Situationen weniger bestimmend als die Unterschiede

zwischen den Fällen (maximale Variation) oder der theoretische Umfang der Fallinterpretationen (Flick, 2005). Das Ziel ist nicht die statistische Generalisierbarkeit und die Bestätigung bzw. Widerlegung bestehender Theorien in ihrer Gesamtheit, sondern die theoretische Verallgemeinerbarkeit im Sinne der Überprüfung der Repräsentativität der Analyseergebnisse.

Dabei muss genau bestimmt werden, auf welche Art von wissenschaftlichen Aussagen und mit welchen Prozeduren die Verallgemeinerung erfolgen soll. Hier können acht Ebenen der Generalisierung charakterisiert werden, die sich in ihrem Grad der Abstraktion von allgemeingültigen Gesetzen bis hin zu Verfahren unterscheiden, die Einsicht in spezifische Situationen ermöglichen. Von der jeweils zugrundeliegenden Forschungsfrage sowie den Bedingungen und Möglichkeiten des Forschungsfeldes hängt das Ziel der Generalisierung einer Studie ab (Mayring, 2007).

Die hier gewählten Vorgehensweisen zur Prüfung der Verallgemeinerbarkeit haben zum Ziel, die Bedingungen zu identifizieren, die das Phänomen hervorrufen oder es modifizieren. Dafür werden in der Stichprobe Fälle herausgesucht, die sich maximal und minimal in Bezug auf die generierten Ergebnisse unterscheiden. Diese systematische Fallkontrastierung ermöglicht „eine Identifikation der Elemente, die gleichartige Fälle miteinander teilen und so eine Selektion der relevanten Elemente (Bedingungen, Interaktionen, Situationen, Ereignisse etc.)“ (Steinke, 2007, S. 185). Auf diese Weise können Rückschlüsse auf Regelmäßigkeiten und Variablenzusammenhänge gezogen werden. Diese Interpretationen werden ausschließlich auf kontextspezifische Aussagen verallgemeinert, d. h. die beschriebenen Beziehungen oder Regeln gelten für ähnliche Personen (Lehramtsstudierende der Biologie) in ähnlichen Situationen (z. B. Fachkombinationen, Studienfortschritt), die nicht in jedem Fall durch die empirischen Daten selbst belegt werden (Mayring, 2007). Weitere Strategien, welche die Generalisierung der Ergebnisse ermöglichen, sind die hier angewendete Methode der theoretischen Auswahl der Stichprobe (*Theoretical Sampling*; siehe Kapitel 3.2.3, Seite 96) und die vergleichende Forschungsliteraturanalyse (ebd.). Und zuletzt kann auch das Klassifizieren von Phänomenen und Prozessen (siehe Kapitel 3.5, Seite 116ff.) als eine Verallgemeinerungsstrategie angesehen werden (Kuckartz).

Authentizität

Die Authentizität, d. h. die Nähe zum Gegenstand, wird in der qualitativen Forschung beispielsweise dadurch erreicht, dass möglichst an die Alltags- und Lebenswelt der beforschten Subjekte angeknüpft wird (Mayring, 2016). In der vorliegenden Arbeit ist eine direkte Anknüpfung an die Lebenswelt der Proband_innen nur eingeschränkt möglich, da die Studierenden in ihrem Alltag keine wissenschaftlichen Experimente durchführen. Aus diesem Grund musste auf eine Laborumgebung zurückgegriffen werden. Es wurde ein offenes, gleichberechtigtes Verhältnis zwischen der Testleiterin und den Proband_innen angestrebt, um eine größtmögliche Nähe zum Gegenstand zu erreichen. Beispielsweise wurden die Studierenden zu Beginn der Untersuchung darüber informiert, dass es sich bei der Studie um eine Vorgehensanalyse und nicht um eine Leistungsüberprüfung handelte. Es wurde zudem betont, dass es nicht um „richtig oder falsch“ geht. Der Leitfaden für die Begrüßung und Einführung der Studierenden in die Experimentiersituation (Anhang 5) verdeutlicht diesen Aspekt der Authentizität.

Triangulation

Die Triangulation wird vermehrt als Strategie für die Qualitätssicherung qualitativer Forschung herangezogen. Dabei nähert man sich einem Phänomen aus mehreren unterschiedlichen Perspektiven (z. B. Kelle et al., 1993). Die Triangulation hat zum Ziel, systematische Fehler zu verringern und eine höhere Validität der Forschungsergebnisse zu erreichen, indem beispielsweise mit den Stärken der einen Vorgehensweise die Schwächen der anderen ausgeglichen werden (Denzin, 1989; Steinke, 2007). Diese Annahme wird von einer Reihe von Autoren jedoch in Frage gestellt (Flick, 2011; Moran-Ellis, 2006). Triangulation würde nicht unbedingt ein valides, sondern vielmehr ein umfassendes Bild der empirischen Realität ermöglichen. Sie wird vielmehr „als Strategie auf dem Weg zu einem tieferen Verständnis des untersuchten Gegenstandes und damit als Schritt auf dem Weg zu mehr Erkenntnis und weniger zu Validität und Objektivität in der Interpretation“ (Flick, 2011, S. 20) gesehen. Im vorliegenden Projekt wird die Methode der Triangulation neben dem Ziel der Qualitätssicherung angewendet, um die Erkenntnismöglichkeiten infolge der vielgestaltigen Perspektiven zu erweitern (Denzin, 1989; Flick, 2011; Steinke, 2007). Da jedoch in unterschiedlichen Studien die Triangulation erfolgreich für die Qualitätssicherung der Ergebnisse eingesetzt wurde (Flick, 2010b), sollen in dem vorliegenden Projekt trotz der bestehenden Kritik einige Aspekte dieser Strategie Anwendung finden.

Mithilfe der Forscher-Triangulation soll eine höhere Reliabilität der Ergebnisse erreicht werden. Dieser Aspekt spielt insbesondere eine Rolle bei der Entwicklung der Auswertungsinstrumente. Hier wird die Beurteiler-Übereinstimmung von zwei unabhängigen Beurteilern überprüft (Kapitel 3.1.2, Seite 81f.).

Die Analyse von Prozessmustern erfolgt auf der Basis unterschiedlicher Befunde (Arndt, 2016; Meier, 2016; Park et al., 2009), welche in Kapitel 2.2.1 (Seite 49ff.) dargestellt werden. Die Theorien-Triangulation ist besonders in Feldern geeignet, die durch ein geringes Maß an theoretischer Kohärenz gekennzeichnet sind. Es wird hierbei überprüft, welche der Theorien in Bezug auf einen konkreten Satz von Daten am besten geeignet ist. Diese Form der Triangulation soll beispielsweise kognitive Verzerrungen (*Cognitive Biases*) verhindern (Dörner, 1989; Pohl, 2012), d. h. dass Forscher an ihren Vorannahmen festhalten und alternative Erklärungen ignorieren (Flick, 2011).

3.2 Datenerhebung

3.2.1 Erhebungsmethoden

Experimentierkompetenz ist ein vielschichtiges Konstrukt aus kognitiven und handlungsbezogenen Aspekten (vgl. Kapitel 2.1.3, Seite 9ff.). Diese Vielschichtigkeit kann nicht mit einer einzigen Methode erfasst werden, da jede für sich einen wesentlichen Aspekt der Experimentierkompetenz vernachlässigen würde. Daher wird in dieser Studie auf mehrere Erhebungsmethoden zurückgegriffen, die in Kombination ein umfassendes und detailliertes Bild der Experimentierkompetenz wiedergeben können.

Beobachtung und Videographie

Ein Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit ist die Erfassung und Analyse der kognitiven und handlungsbezogenen Aspekte von Experimentierkompetenzen und damit die Fokussierung auf das dynamische Merkmal von Problemlöseprozessen. Dieser Untersuchungsgegenstand zeichnet sich zum einen durch eine hohe Komplexität aus, zum anderen dadurch, dass es sich um einen über eine gewisse Zeit ablaufenden, teilweise nicht-sprachlichen Prozess handelt. Die Auseinandersetzung der_des Proband_in mit dem Material kann in diesem Zusammenhang als Interaktion angesehen werden. Diese Eigenarten lassen sich mithilfe der Beobachtung direkt und unvermittelt erfassen (Kochinka, 2010). Die Beobachtung wird im sozialwissenschaftlichen Zusammenhang als *„eine absichtliche und zielgerichtete, dabei bewusst selektive Form des Wahrnehmens“* (ebd.) definiert.

Mithilfe fünf unterschiedlicher Dimensionen können verschiedene Formen der Beobachtung voneinander abgegrenzt werden Kochinka, 2010:

- (1) Grad der Anleitung (strukturiert versus unstrukturiert).
- (2) Grad der Involviertheit der Beobachtenden (teilnehmende versus nicht-teilnehmende Beobachtung).
- (3) Grad der Offenheit der Erhebungssituation (offene, wissentliche versus verdeckte, unwissentliche Beobachtung).
- (4) Grad der Vermitteltheit bei der Sammlung der Beobachtungsdaten (unvermittelte versus vermittelte Beobachtung).
- (5) Ort der Beobachtung (Labor- versus Feldbeobachtungen).

Vermittelte Beobachtungen können beispielsweise unter Einsatz von Videos festgehalten werden. Videomitschnitte dokumentieren über einen längeren Zeitraum sowohl Gleichbleibendes als auch Veränderungen in der Situation, die visuell und auditiv wahrnehmbar sind. Sie sind daher eine besonders geeignete Methode für die Erfassung von Prozessen. Videoaufnahmen haben den Vorteil, dass sie ein Geschehen nahezu unverfälscht und in Echtzeit erfassen (Dinkelaker, 2009; Heath, Hindmarsh & Luff, 2010). Sie kombinieren die Vorteile von Ton- und Einzelaufnahmen und erfassen so neben der Sprache auch das sichtbare Verhalten wie beispielsweise die Verwendung von Werkzeugen und Technologien. Besonders die Verschränkung unterschiedlicher, gleichzeitig ablaufender Aktivitätsstränge kann mithilfe der Videographie begriffen und beobachtet werden (Dinkelaker, 2010). Damit wird der Fokus von monokausalen, linearen Konzepten des Interaktionsgeschehens auf die Frage nach Relationen zwischen den verschiedenen Strängen des Geschehens und deren Zusammenspiel gerichtet (vgl. auch Dinkelaker, 2010; Tuma, Schnettler & Knoblauch, 2013). Die Dynamik eines Prozesses wird damit zum Untersuchungsgegenstand. Im Gegensatz zu anderen Erhebungsmethoden bieten Videos zudem die Möglichkeit, die Aufnahmen anzuhalten, zurückzuspulen oder verlangsamt und auch mehrmals abzuspielen. Somit ermöglichen sie den Zugriff auf feine Details des Verhaltens und der Interaktion. Zudem können sie wiederholt aus unterschiedlichen Perspektiven und Standpunkten (re)analysiert und mit anderen Forscher_innen geteilt werden (Heath et al., 2010).

In der ersten Instanz bleibt das Video unangetastet von der Reduktion auf Kategorien oder Codes und bewahrt so den ursprünglichen Datensatz für wiederholte Analysen (Erickson, 2006; Heath et al.,

2010). Diese nicht-selektive Dokumentation erzeugt eine überkomplexe Fülle an Daten über das beobachtete Geschehen und führt so zu einer systematischen „Überforderung der Interpretation“ (Dinkelaker, 2010, S. 92), die für wissenschaftliche Videoanalysen charakteristisch ist. Im Analyseprozess muss daher zwingend eine Auswahl aus den erhobenen Informationen getroffen werden (ebd.).

Obwohl das Video der realen Erhebungssituation sehr nahekommt, muss berücksichtigt werden, dass dennoch kein vollständiges Abbild des Interaktionsgeschehens erzeugt werden kann. Die Videokamera kann beispielsweise nur einen Ausschnitt des Geschehens fokussieren, was sich aus ihrer Positionierung und Ausrichtung sowie ihrem Blickwinkel ergibt (Dinkelaker, 2010; Erickson, 2006). Außerdem kann durch Lichtverhältnisse und technische Einstellungen das Bild verfälscht oder verzerrt werden. Auch können andere Sinneseindrücke wie beispielsweise Gerüche mit dieser Methode nicht erfasst werden. Eine weitere, wesentliche Einschränkung dieser Methode ist, dass sie die während einer Handlung ablaufenden bewussten kognitiven Inhalte des Interaktionsgeschehens nicht zuverlässig erfassen kann. Demnach kann lediglich erhoben werden, was die_der Proband_in macht, jedoch nicht, welche kognitiven Prozesse zu dieser Handlung geführt haben.

In Hinblick auf das Ziel der vorliegenden Arbeit, die Erfassung von Experimentierkompetenzen, sowie mit dem Fokus auf den dynamischen, prozesshaften Charakter von Problemlösen, wurden die Experimentierprozesse strukturiert erhoben, d. h. die Beobachtung erfolgte standardisiert und kontrolliert. Es handelt sich um eine passiv teilnehmende Beobachtung, in der die Testleiterin anwesend und für die_den Proband_in wahrnehmbar ist, jedoch nicht in den Prozess eingreift. Es handelt sich daher um eine offene, wissentliche Beobachtung, was bedeutet, dass die Proband_innen wissen, dass sie Gegenstand wissenschaftlichen Interesses sind (Kochinka, 2010). Es wurde bereits bei der Erhebung eine Kamera eingesetzt, womit es sich in der vorliegenden Studie um eine vermittelte Beobachtung handelt. Weiter handelt es sich um eine Laborbeobachtung, um die Erhebungssituation zu standardisieren und zu kontrollieren.

Um den beschriebenen Problemen der Videographie (Dinkelaker, 2010; Erickson, 2006) entgegenzuwirken, wurden in dem vorliegenden Projekt die Videoaufzeichnungen mit weiteren Erhebungsmethoden (Lautes Denken, passive, teilnehmende Beobachtung sowie leitfadengestütztes Interview) kombiniert (vgl. auch Kapitel 3.1.2 Triangulation, Seite 86). Im Experimentierprozess hatten die Proband_innen zudem die Möglichkeit, ein Laborprotokoll zu führen. Sofern dieses vorlag, wurde es ebenfalls als Datenquelle für die Analyse der Experimentierprozesse herangezogen. Außerdem wurde während und nach dem Experimentierprozess eine Skizze der Experimentalaufbauten angefertigt, welche die Geräte und Materialien, deren Anordnung sowie die Zusammensetzung der jeweiligen Versuchsansätze zeigt. Diese beiden zusätzlichen Datenquellen wurden ebenfalls in der Analyse berücksichtigt, um mögliche Unklarheiten in den Videos unterstützend aufzuklären. Außerdem wurden zwei Kameras eingesetzt, um möglichen Verfälschungen durch die Perspektive der Kameras vorzubeugen. Zudem wurden die Videoaufnahmen um zusätzliche Audioaufnahmen mit einem Ansteckmikrofon ergänzt für den Fall, dass die Tonspur der Videos z. B. durch Störgeräusche verzerrt ist. Nachteil einer solchen kombinierten Erhebungsstrategie ist der teilweise erhebliche zusätzliche Erhebungs-, Auswertungs- und Relationierungsaufwand (Dinkelaker, 2009; Tuma et al., 2013).

Bei den in der vorliegenden Arbeit erzeugten Videos handelt es sich in Bezug auf die Aufnahme nach Tuma et al. (2013) um spezifisch hergestellte Videos, welche Proband_innen in einem Labor bei der Bewältigung an sie gestellter Aufgaben zeigen. Diese Videodaten werden als „künstlich“ oder „konstruiert“ in Bezug auf die Forschungssituation bezeichnet (ebd.), da die Situation durch den vorgegebenen Rahmen beeinflusst wird. In Bezug auf die Kameraführung, also die Art und Weise der Aufzeichnung, handelt es sich um eine handlungsfokussierende Kameraführung, bei der möglichst wenige Veränderungen in der Fokussierung erfolgen (Erickson, 2006). Bezüglich der Nachbereitung des Videomaterials handelt es sich um unbearbeitete Videos, welche nicht durch Nachbereitungen oder Zusammenschnitte verändert wurden (Tuma et al., 2013).

Lautes Denken

Die Handlungen einer Person werden nicht allein durch die Struktur der Situation oder eines Gegenstandes bestimmt, sondern auch vermittelt durch die Kognitionen der handelnden Person, also beispielsweise durch das, was die Person von der Situation wahrnimmt und welche Bedeutungen sie dem Wahrgenommenen zuschreibt. Um die Bedingungen individuellen Handelns, d. h. die Handlungsmuster einer Person zu erschließen, reicht es daher nicht aus, lediglich die äußerlich beobachtbaren Verhaltensweisen zu erfassen. Darüber hinaus müssen auch die kognitiven Handlungselemente wie Erfahrungen, Wahrnehmungen, Erwartungen, Urteils- und Entscheidungsmuster und Bewertungen der Person berücksichtigt werden (Huber & Mandl, 1982a).

Die Methode des *Lauten Denkens* ermöglicht es, genau diese Einblicke in die während einer Handlung ablaufenden Gedanken und Absichten einer Person zu erfassen, um die Bedingungen und Prozesse (meta-)kognitiver Strategien zu untersuchen (Konrad, 2010; Sandmann, 2014). *Lautes Denken* umfasst in diesem Zusammenhang die Verbalisierungen (*Verbal Statements*) der Proband_innen, welche systematisch dokumentiert, ausgewertet und interpretiert werden können (Konrad, 2010). Insbesondere bei der Untersuchung von Erwachsenen eignet sich die Methode des *Lauten Denkens* (Buber, 2009; Goos & Galbraith, 1996). Es wird ein Zugang zu den vielfältigen individuellen Verarbeitungs- und Entscheidungsprozessen, wie z. B. vergleichen, verwerten oder Alternativen eliminieren ermöglicht, wie sie vor allem in der Problemlöseforschung von Interesse sind (Konrad, 2010; Sandmann, 2014). Eine wesentliche Stärke der Methode des *Lauten Denkens* ist dessen ausgeprägte Prozessbezogenheit. Transkripte können damit Informationen über zeitliche Veränderungen geben (Matsuta, 1995). Die Aufmerksamkeit verschiebt sich damit von der Lösung auf den Prozess, also auf das, was die_der Proband_in gerade tut oder denkt. Damit ist sie besonders für die Untersuchung von dynamischen Problemlöseprozessen geeignet.

Lautes Denken kann drei unterschiedliche Formen annehmen (Konrad, 2010): Introspektion (simultane, augenblickliche, unmittelbare Verbalisierung; auch *Concurrent Protocol*), unmittelbare Retrospektion (die sich zeitlich direkt an die Introspektion anschließt) und verzögerte Retrospektion (die direkt nach der Bearbeitung einer Aufgabe oder auch einige Zeit später stattfindet). Bei der Introspektion erfolgt die Verbalisierung der Gedanken unstrukturiert, also nicht in Form von vorgegebenen Fragen zur Zeit ihrer Entstehung, beispielsweise während der Lösung eines Problems. Im Gegensatz zu den anderen Formen, in denen die Gedanken retrospektiv verbalisiert werden, hat die Introspektion

3 Methode

den Vorteil, dass die Proband_innen keine Gelegenheit zur Reflexion haben, da sich die Konzentration auf die Bearbeitung der aktuellen Aufgabe richtet. Diese fehlende Gelegenheit zur Reflexion ist vor allem wünschenswert, damit die Gedanken nicht interpretiert oder in eine bestimmte Form gebracht werden (Konrad, 2010). Ericsson und Simon (1993) stellten fest, dass die Introspektion die engste Verbindung zwischen Denken und verbalem Berichten ist.

Jedoch stehen die beobachtbaren Aktionen nicht notwendigerweise mit den gleichzeitigen kognitiven Prozessen in einem Bedingungs-zusammenhang. Vor allem bei kognitiven Prozessen höherer Ordnung, z. B. Strategien der Informationsverarbeitung und unbewusste Prozesse wie routinierte oder impulsive Entscheidungen, können die kognitiven von den handlungsbezogenen Prozessen abweichen. Hier wird davon ausgegangen, dass Proband_innen diese Prozesse nicht mit ausreichender Sicherheit vollständig verbalisieren können (Stebler, 1999). Die Verbalisierung von Kognitionen lassen daher nicht mit Sicherheit die „wirklichen“ Handlungsursachen erschließen. Es handelt sich bei verbalen Daten daher immer um die subjektive Sicht des Handlungszusammenhangs (Huber & Mandl, 1982b). Außerdem bleibt die Frage offen, ob die Verbalisierung während des Problemlöseprozesses und die damit verbundene Enkodierung der Gedanken nicht eine Interferenz der Versprachlichung mit dem Problemlöseprozess zur Folge haben kann (Funke & Spering, 2004) und damit zu einer Veränderung der kognitiven Leistungen führt.

„Man weiß daher weder absolut sicher, welchen Realitäts- oder Wahrheitsgehalt Kognitionen beanspruchen können, von denen eine Person als Gedanken berichtet, die ihr im Handlungszusammenhang durch den Kopf gegangen seien, noch weiß man [...] welchen Einfluß diese Kognitionen auf das Handeln hatten oder als Wissen bzw. Erwartungen künftig haben werden“ (Huber & Mandl, 1982b, S. 13).

Trotz der genannten Einschränkungen hat sich das *Laute Denken* als eine geeignete Methode herausgestellt, um aufschlussreiche Daten über handlungssteuernde Kognitionen zu erhalten, die mit anderen Methoden nicht erhoben werden können. Besonders in der Kombination mit anderen Methoden (Triangulation) können verschiedene Perspektiven miteinander verglichen werden und sich gegenseitig ergänzen (Konrad, 2010).

Die Methode des *Lauten Denkens* ermöglicht Einblicke in die während einer Handlung ablaufenden Gedanken und Absichten einer Person und eignet sich dementsprechend, insbesondere auch aufgrund der Prozessbezogenheit, für die Erfassung der kognitiven Aspekte der Experimentierkompetenz. Die augenblickliche Verbalisierung der Gedanken (Introspektion) ermöglicht eine enge Verbindung zwischen den Gedanken und deren Verbalisierung (Ericsson & Simon, 1993). Um den Problemen des *Lauten Denkens* entgegenzukommen, wurde bei der Instruktion in die Experimentierumgebung eine einfache Aufwärmübung durchgeführt (siehe Kapitel 3.2.4, Seite 98). Zudem wurden Regeln für die Aufrechterhaltung der *Lautes-Denken*-Bedingung formuliert sowie im anschließenden Interview mit den Proband_innen besprochen, wie sie die Situation erlebt haben (van Someren, Barnard & Sandberg, 1994).

Fokussiertes Interview

Das fokussierte Interview ist eine Methode zur Rekonstruktion subjektiver Sichtweisen und Sinnkonstruktionen von Proband_innen beim Erleben bestimmter Situationen (Hopf, 2000; Lamnek, 2005; Reinders, 2011). Ausgangspunkt sind spezifische Erfahrungen, Begegnungen oder Situationen, die die_der Proband_in erlebt und von der die_der Forschende Kenntnis hat. Anschließend daran wird das Interview anhand von Leitfragen durchgeführt, die das subjektive Erleben der Situation rekonstruieren sollen (Reinders, 2011). Die Interviewdaten werden üblicherweise mit anderen Datenquellen (z. B. Beobachtung) abgeglichen, um subjektive Gründe für beobachtete Handlungen in der Situation verstehen zu können.

Da in der vorliegenden Arbeit an dieser Stelle hauptsächlich das *Laute Denken* tritt, nimmt das Interview zwar dieselbe Funktion, d. h. die Rekonstruktion des subjektiven Erlebens der Situation ein, der Umfang wurde jedoch, auch aufgrund der hohen Komplexität und Dauer der Experimentierprozesse, auf wenige reflexive Fragen reduziert. Hierbei wurde nach dem Prinzip der retrospektiven Introspektion vorgegangen (Reinders, 2011). Die Proband_innen wurden also gebeten, sich an die Experimentiersituation zu erinnern und ihre eigenen Handlungen und Reaktionen retrospektiv zu kommentieren. Außerdem wurde den Proband_innen damit die Möglichkeit eingeräumt, zu ihrem Experimentierprozess Stellung zu nehmen und getroffene Entscheidungen auf einer Metaebene zu begründen. Die Informationen aus den unterschiedlichen Datenquellen (Video, Transkript und Interview) wurden dann zusammengeführt, um die subjektiven Sichtweisen und Sinnkonstruktionen der Proband_innen in Bezug auf deren Handlungen und Reaktionen verstehen zu können (ebd.). Um einen zusätzlichen Fragenbogen in der konkreten Erhebungssituation zu vermeiden, wurden im Interview neben der Reflexion der Experimentierprozesse auch die Personenvariablen (Studiengang, Studienfortschritt und Fächerkombination) und die wahrgenommenen Lerngelegenheiten (Wissen und Erfahrungen bezüglich Hefegärung und Experimentieren) erfragt (siehe Kapitel 2.1.5, Seite 45).

Zusammenfassung

Um die Experimentierkompetenz der Proband_innen möglichst detailliert und gegenstandsnahe zu erfassen, wurden mehrere Erhebungsmethoden kombiniert (Triangulation), die jeweils unterschiedliche Datenquellen für die Analyse hervorbringen (Abbildung 25, Seite 92). Zum einen wurden die durch die Experimentieraufgabe initiierten Experimentierprozesse mit der Methode der Videographie erfasst. Die Videos lassen in ihrer Sichtstruktur die Analyse der handlungsbezogenen Aspekte der Experimentierkompetenz zu, vernachlässigen jedoch kognitive Aspekte, d. h. den Sinnzusammenhang der sichtbaren Handlungsverläufe. Daher wurden die Proband_innen gebeten, während des Experimentierprozesses laut zu denken (Introspektion). Diese Methode wird als engste Verbindung zwischen Denken und verbalen Berichten gesehen (Ericsson & Simon, 1993) und hat den Vorteil, dass die Proband_innen keine Gelegenheit zur Reflexion haben. Das *Laute Denken* spiegelt damit weitestgehend unverfälscht die kognitiven Aspekte der Experimentierkompetenz wider. In einem anschließenden strukturierten Interview wurden die Proband_innen gebeten, ihren Experimentierprozess zu reflektieren (Helfferich, 2005; Hopf, 2000; Mey & Mruck, 2010b). Damit werden ihre subjektiven Sichtweisen

und Sinnkonstruktionen in Bezug auf den erlebten Prozess erfasst. Diese Daten wurden unterstützend für die Analyse herangezogen, um mögliche Unklarheiten in den Datenquellen der Videographie und des *Lauten Denkens* erklären zu können.

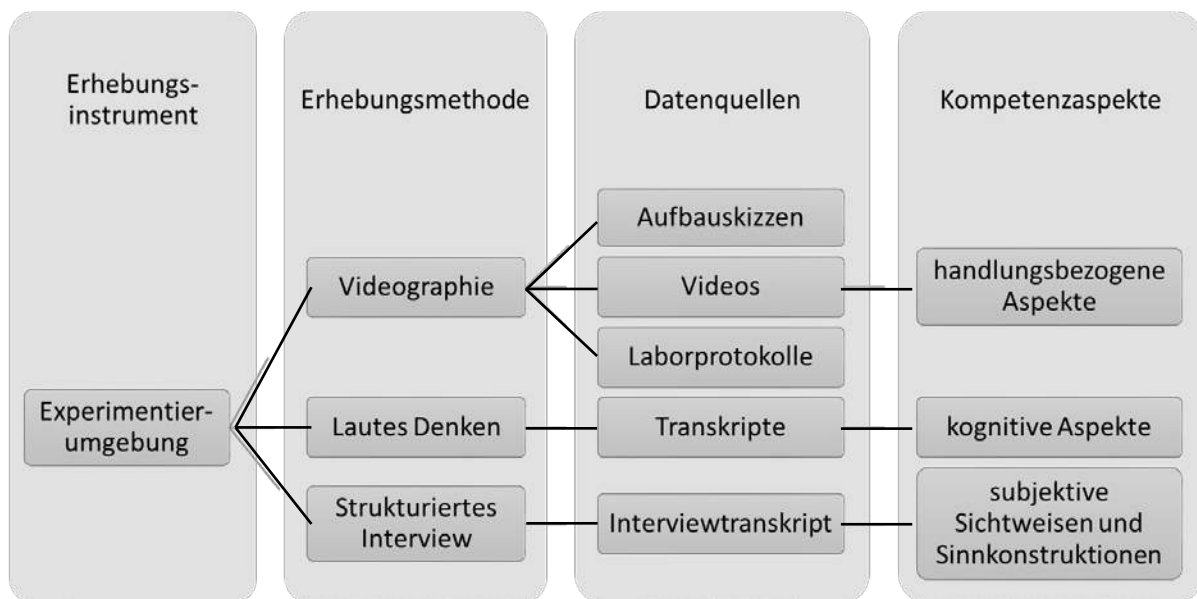


Abbildung 25. Überblick über Erhebungsinstrumente und -methoden, daraus resultierende Datenquellen und entsprechend erfasste Kompetenzaspekte.

3.2.2 Entwicklung der Experimentierumgebung

Für die Initiierung von Experimentierprozessen wurde in einem Expertenteam eine Experimentierumgebung konstruiert. Hier wird bewusst auf den Begriff „Aufgabe“ verzichtet, da er die Vorgabe einer spezifischen Instruktion bzw. eines Auftrags (*Duden*, 2013) impliziert. Der Begriff „Experimentierumgebung“ soll die Offenheit der Erhebungssituation verdeutlichen. Um ein möglichst breites Spektrum an unterschiedlichen Perspektiven zu berücksichtigen, waren in diesen Prozess eine wissenschaftliche Mitarbeiterin, eine promovierte Lehrperson mit mehreren Jahren Berufserfahrung in den Fächern Biologie und Chemie und ein Studierender des Master of Education im Fach Biologie involviert. Um die Beeinflussung der Experimentierprozesse durch konkrete Aufgabenstellungen zu vermeiden, wurde in Bezug auf die Klassifizierung von Unterrichtsansätzen zum Experimentieren (Kapitel 2.1.3, Seite 17) der Ort der Kontrolle (*Locus of Control*) möglichst stark auf die Seite der Proband_innen gelegt. Verbunden damit ist der gleichzeitige Anstieg der Offenheit der Aufgabe und dessen Anforderungsniveau oder *Intellectual Sophistication* (Kirchner et al., 2010; Mitchell, 2007; NRC, 2000; Wenning, 2007). Bezüglich der Kriterien für die Klassifizierung von *Performance Assessments* (siehe Tabelle 8, Seite 41) wurde die Experimentierumgebung so gering wie möglich vorstrukturiert (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996) und damit eine größtmögliche Offenheit (vgl. Tabelle 5, Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.**) ermöglicht (Kirchner et al., 2010; Stecher, 2010). Unter Berücksichtigung dessen wurden bei der Konstruktion der Experimentierumgebung in Anlehnung an Labudde, Metzger und Gut (2009) zunächst mehrere Zielkriterien definiert:

- Ort der Kontrolle: Der Ort der Kontrolle liegt bei den Studierenden. Die Experimentierumgebung übt daher einen möglichst geringen Einfluss auf die Experimentierkompetenzen der Studierenden aus, zum Beispiel durch konkrete Aufgabenstellungen (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996).
- Anforderungsniveau: Das Anforderungsniveau der Experimentierumgebung umfasst sowohl einfache als auch komplexe Experimentiermöglichkeiten und ermöglicht damit die Beobachtung aller Niveaustufen (Labudde et al., 2009).
- Testdauer: Das Experiment kann in 60 Minuten eigenständig bearbeitet werden.
- Inhalts-Validität: Die Experimentierumgebung deckt die sieben Phasen des Experimentierens (Phänomen/Problem, Frage, Hypothese, Planung, Durchführung, Auswertung, Kommunikation/Anwendung) hinreichend ab (Baxter & Glaser, 1998).
- Offenheit: Die Experimentierumgebung lässt die Untersuchung von mindestens drei Variablen zu. Außerdem lässt sie mehrere Lösungswege zu; ein bestimmter Weg wird nicht vorgeschrieben (Fischer & Draxler, 2007; Stecher, 2010).
- Authentizität: Die Experimentierumgebung stellt eine authentische Situation dar und spiegelt zu einem gewissen Grad auch die Praxis in einem wissenschaftlichen Labor wider (Labudde et al., 2009).
- Vorwissen: Die erfolgreiche Ausführung eines Experiments erfordert möglichst wenig Vorwissen. Das benötigte Vorwissen kann im Rahmen der Schule oder des Studiums erworben werden (Baxter & Glaser, 1998; Stecher, 2010).
- Bedeutsamkeit: Die Experimentierumgebung thematisiert für die Studierenden interessante und bedeutsame Inhalte (Labudde et al., 2009).
- Ethik: Die Umgebung ist ethisch vertretbar (ebd.).
- Praktikabilität: Die Geräte und Materialien ist handlich und möglichst leicht zu verstehen (Stecher, 2010).
- Sicherheit und Funktionstüchtigkeit: Das Experiment ist unabhängig von Ort, Zeit und Testsituation ungefährlich und funktioniert zuverlässig, d. h., in der verfügbaren Zeit führt es zu verlässlichen Ergebnissen; außerdem ist es reproduzierbar (Labudde et al., 2009).
- Finanzieller Aufwand: Das Experiment kann in einem bestimmten finanziellen Rahmen durchgeführt werden (ebd.).

Die Entwicklung der Experimentierumgebung erfolge in fünf Schritten:

1. Sichtung von Experimentieranleitungen

Im ersten Schritt wurden Experimentieranleitungen aus fachdidaktischer (z. B. Maxwell, 2004; Schecker) und fachwissenschaftlicher Literatur (z. B. Bernholt, Parchmann & Commons, 2009; Scharfenberg, 2005) sowie aus Schulbüchern (z. B. Bayrhuber, Hauber & Linder, 2012; Bickel et al., 2007) gesichtet (siehe Anhang 1, Literaturliste Experimentierumgebung). Hierbei wurden die Themenbereiche der schulischen Bildungsstandards sowie der Studienordnungen berücksichtigt. Die oben genannten

Ziele galten als Bewertungskriterien für die Auswahl des Kontextes. Das Ergebnis dieser Literaturrecherche war eine Sammlung von sechs Kontexten aus den Bereichen Zoologie (Asseln, Wasserflöhe), Botanik (Photosynthese, Transpiration), Humanbiologie (Verdauung) und Mikrobiologie (Hefegärung).

2. Testen möglicher Experimente im Expertenteam

In einem zweiten Schritt wurden die in der Literatur beschriebenen Experimente zu den oben genannten Kontexten testweise durchgeführt. Wieder galten die oben genannten Ziele als Kriterien für die Eignung als Kontext der Experimentierumgebung. Der Kontext Hefegärung wies die höchste Passung mit den oben genannten Kriterien auf: der Prozess der Hefegärung ist bereits nach 15 bis 20 Minuten beobachtbar, die Anzahl der untersuchbaren unabhängigen Variablen ist umfangreich (z. B. Art des Substrats, Menge des Substrats, Hefeart, Hefemenge, Temperatur, weitere Einflussfaktoren wie Spülmittel und Brennspritus), und auch die abhängige Variable kann variieren (z. B. zeitlicher Verlauf der Gäraktivität oder Menge der CO₂-Bildung). Die Hefegärung führt unter den gegebenen Bedingungen (Zeit, Materialien) zu aussagekräftigen Ergebnissen, und die Ausführung eines Experiments mit Hefe ist auch mit Alltagsmaterialien möglich, d. h. Voraussetzung ist nicht zwingend ein umfangreiches Fachwissen bezüglich der Geräte und Materialien. Aus diesem Grund wurde der Kontext Hefegärung für die weitere Entwicklung der Experimentierumgebung ausgewählt.

3. Zusammenstellung der Geräte und Materialien

Die Experimentierumgebung umfasst vier wesentliche Komponenten:

- Video, welches als Einstieg in den Experimentierprozess mit der Funktion der Phänomen- beziehungsweise Problemdarstellung dient (siehe Abbildung 26, Seite 94),
- Geräte und Materialien (siehe Abbildung 27, Seite 95 sowie Anhang 3),
- Schreibutensilien für die Anfertigung von Laborprotokollen und
- Sachinformationen zur Hefegärung und zu möglicherweise unbekanntem Geräten und Materialien wie der Saugkolbenmesspipette und dem Gärungssaccharometer nach EINHORN (da diese nicht Gegenstand in der Schule oder im Studium sind, siehe Abbildung 28, Seite 95 sowie Anhang 2).

Das Video wurde eigens für die Experimentierumgebung angefertigt. Es dauert 30 Sekunden und zeigt zwei Hefesuspensionen im Zeitraffer (Abbildung 26, Seite 94), wobei die erste Suspension eine Gäraktivität zeigt (links), das Volumen der Suspension also deutlich steigt, und die zweite keine Gäraktivität zeigt und somit unverändert bleibt (rechts).

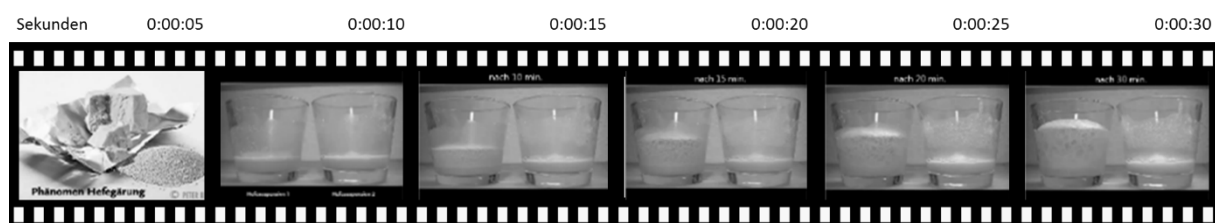


Abbildung 26. Einzelbilder des Videos, welches das Phänomen bzw. Problem präsentiert.

Die systematische Zusammenstellung der Geräte und Materialien erfolgte auf Grundlage der Literatur (siehe Abbildung 27 sowie Anhang 3). Die Experimentierumgebung umfasst drei Arten von Hefe (Trockenbackhefe, Frischhefe und mindestens einen Monat abgelaufene Frischhefe), verschiedene Substrate wie unterschiedliche Zuckerarten (z. B. Saccharose, Fructose, Glucose) oder Süßungsmittel (z. B. Stevia, Lactose, Honig), verschiedene technische Geräte (z. B. Waage, Heizplatte, Wasserkocher) und Labormaterialien (z. B. Pipetten, Petrischalen, Bechergläser, Reagenzgläser, Rührstäbe). Die Schreibutensilien (Abbildung 27, rechts) dienen der Anfertigung von Laborprotokollen (z. B. Papier, Stifte und Lineale) sowie der Beschriftung von Versuchsansätzen (z. B. Schere, Klebeband, Folienstifte).



Abbildung 27. Bilder der Experimentierumgebung mit verschiedenen Substraten und technischen Geräten (links), Labormaterialien (mitte) sowie den Schreibutensilien (rechts).

Die Sachinformationen stellen die Vereinheitlichung der Bedingungen sicher und dienen der Kontrolle des Vorwissens. Sie umfassen zum einen Informationen zur Hefe, zur Gärung und Atmung sowie zur Nutzung von Hefe als Backtriebmittel (Abbildung 28, links). Außerdem werden Informationen zu möglicherweise unbekanntem Geräten und ihrem Einsatz (Gärungssaccharometer, Saugkolbenmesspipette) sowie zu den Substraten bereitgestellt (Abbildung 28, rechts). Die Sachinformationen finden sich im Anhang 2.

Gärung und Atmung

Bei der Gärung (anaerob) werden verschiedene Zucker auf dem Wege der Glykolyse in Alkohol und Kohlenstoffdioxid (CO_2) umgewandelt (Abb. 1). Bei der Atmung (aerob) werden unterschiedliche Zucker unter Sauerstoffverbrauch restlos zu Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) umgesetzt.

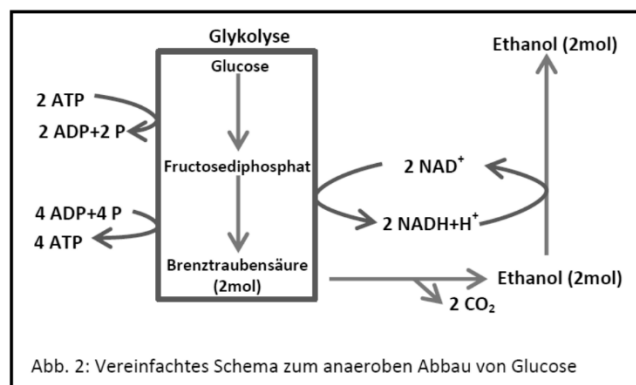
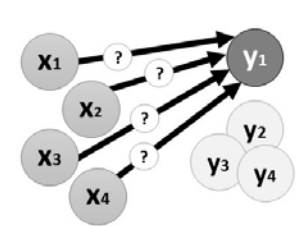
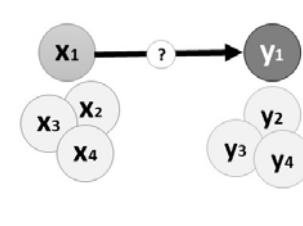
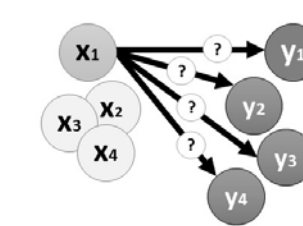


Abbildung 28. Ausschnitt aus den Sachinformationen zur Hefegärung.

Entsprechend der Definition eines Experiments (siehe Kapitel 2.1.3, Seite 16ff.) zielt die Experimentierumgebung auf die Untersuchung von kausalen Zusammenhängen zwischen einer oder mehreren unabhängigen (zu variierenden) Variablen und der abhängigen (zu messenden) Variable ab. Je nachdem auf welche Perspektive dieses Zusammenhangs fokussiert wird, ergeben sich unterschiedliche Perspektiven für eine Untersuchung. In Anlehnung an Arndt (2016) sind diese in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14. Mögliche Untersuchungsperspektiven der Experimentierumgebung verändert nach Arndt (2016).

Allgemeine Fragestellung	Was beeinflusst die Ausprägung von Variable y?	Wie beeinflusst die Ausprägung von Variable x die Ausprägung von Variable y?	Auf was nimmt die Ausprägung von Variable x einen Einfluss?
<p><i>Beispielhafte Fragestellungen im Kontext Hefegärung</i></p>	 <p>Welchen Einfluss hat die Zuckerart auf die Hefegärung?</p>	 <p>Welcher Zusammenhang besteht zwischen Zucker und Hefegärung?</p>	 <p>Inwiefern beeinflusst die Zuckermenge die Stärke, die Geschwindigkeit und den Verlauf der Hefegärung?</p>

4. Pilotierung der Experimentierumgebung

Die Pilotierung der Experimentierumgebung erfolgte in einem Testdurchlauf mit einer Probandin. Die Eignung wurde nach den drei Kriterien (1) Vollständigkeit des Materials, (2) Handhabbarkeit des Materials, d. h. der Anzahl der Geräte und Materialien sowie dem Schwierigkeitsgrad ihrer Bedienung und (3) Verständlichkeit und Vollständigkeit der Sachinformationen bewertet. Die Probandin war aufgefordert, diese Kriterien in das *Laute Denken* aufzunehmen. Auf Grundlage des Testdurchlaufs und unter Berücksichtigung der Kriterien erfolgte die Anpassung der Experimentierumgebung.

5. Anpassung der Experimentierumgebung

In einem letzten Schritt wurde die Experimentierumgebung überarbeitet. Hierbei wurden folgende Maßnahmen vorgenommen:

- Ergänzung von Geräten und Materialien,
- Änderungen in den Sachinformationen durch Umformulierung unverständlicher Textstellen und Erweiterung mit unterstützenden Informationen,
- Überarbeitung des Videos durch das Einblenden der Realität.

3.2.3 Auswahl der Stichprobe

Grundsätzlich ist ein zentrales Kriterium bei Fallauswahl die Vermeidung von theoretisch bedeutsamen Verzerrungen, also Einflüssen, die den zu untersuchenden Effekt vortäuschen, verstärken oder maskieren; dieses Kriterium gilt nicht nur für qualitative Studien (Kelle et al., 1993; Kelle & Kluge, 2010). Allerdings sind die in quantitativen Studien üblichen Strategien für die Stichprobenauswahl für qualitative Forschungsansätze aufgrund der intensiven interpretativen Analyse des Datenmaterials meistens ungeeignet (Kelle & Kluge, 2010). Stattdessen kommen hier Strategien einer kriteriengesteuerten Fallauswahl zum Einsatz, um sicherzustellen, dass für die Fragestellung relevante Fälle berücksichtigt werden (ebd.). Ausschlaggebend für die Stichprobengültigkeit, d. h. deren Verzerrungsfreiheit, ist nicht

Repräsentativität schlechthin bezogen auf alle denkbaren Merkmale, sondern die theoriebezogene Repräsentativität, die sich auf bestimmte, in Bezug auf die Fragestellung bedeutsame Merkmale beschränkt (Kelle et al., 1993; Kelle & Kluge, 2010). Einer derartigen Stichprobenziehung liegt das Kriterium der theoretischen Verallgemeinerbarkeit zugrunde (Schreier, 2010).

Im Fall der vorliegenden Studie wurde auf das „*selektive Sampling*“ (Kelle & Kluge, 2010, S. 50), auch „*kriteriengeleitete Fallauswahl*“ (Schreier, 2010, S. 247) genannt, zurückgegriffen. Diese Strategie der Fallauswahl erfordert bereits vor der Erhebung der Daten anhand theoretischer Vorüberlegungen die Festlegung relevanter Merkmale und Merkmalsausprägungen (Kelle & Kluge, 2010). Die dieser Studie zugrundeliegenden relevanten Merkmale und entsprechenden Merkmalsausprägungen für die Stichprobenauswahl sind der Studiengang, der Studienfortschritt sowie die Fächerkombination. Es wurden alle Proband_innen einbezogen, die freiwillig zu einer Teilnahme bereit waren. Mit Bezug auf die dieser Studie zugrundeliegenden Fragestellungen wurden ausschließlich Studierende im Master of Education mit dem Fach Biologie einbezogen. Hierbei wurden Studierende aller Fachsemester des Master of Education berücksichtigt. Zudem wurden Proband_innen mit unterschiedlichen Fächerkombinationen, d. h. Studierende mit einem naturwissenschaftlichen Fach versus Studierende mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern, einbezogen.

Für die Gewinnung freiwilliger Proband_innen stellte die Testleiterin die vorliegende Studie in den Seminaren der Arbeitsgruppe Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie an der Humboldt-Universität zu Berlin vor. Die Studierenden wurden eingeladen, an der Studie teilzunehmen. In den meisten Fällen bestand zwischen den Proband_innen und der Testleiterin ein sachliches Arbeitsverhältnis, d. h. die Proband_innen kannten die Testleiterin aus Seminaren oder anderen universitären Veranstaltungen; es bestand jedoch aktuell kein Abhängigkeitsverhältnis zwischen den Proband_innen und der Testleiterin.

Beschreibung der Fälle

Das Sample besteht aus neun Studierenden, welche sich zum Zeitpunkt der Erhebung im Studiengang Master of Education befanden (Tabelle 15, Seite 98). Vier der Studierenden befanden sich im ersten bis dritten Mastersemester, fünf der Studierenden waren im vierten oder fünften Mastersemester. Bis auf eine Ausnahme (V3) studierten alle Proband_innen den Master of Education für das Lehramt der Sekundarstufe II. Sechs der Probandinnen studierten ein zweites naturwissenschaftliches Fach (Chemie oder Physik). Diese Fachkombinationen werden in der Studienordnung (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007c, Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007j) geschützt, d. h. überschneidungsfrei angeboten und wird somit bevorzugt studiert. Eine Probandin studierte im Erstfach Mathematik und im Zweitfach Biologie. Zwei Proband_innen (V11 und V3) studierten im Erstfach eine nicht-naturwissenschaftliche Fachrichtung (Sport und Musik).

3 Methode

Tabelle 15. Überblick über die Proband_innen (V1-V11) bezüglich des Studiengangs, der Fächerkombination und des Studienfortschritts.

SP=Studienpunkte, MS=Mastersemester, V1-V11=Proband_in 1-11.

<i>Proband_in</i>	<i>Studiengang (in SP)</i>	<i>Fächerkombination (Erst- fach/Zweifach)</i>	<i>Studienfortschritt (MS)</i>
V1	120 & 60	Biologie/Physik	5
V2	120	Biologie/Chemie	2
V3	60	Musik/Biologie	5
V4	120	Erdkunde/Biologie	1
V5	120	Biologie/Mathematik	5
V6	120	Biologie/Chemie	5
V7	120	Biologie/Chemie	1
V8	120	Biologie/Chemie	5
V9	120	Biologie/Chemie	4
V10	120	Mathematik/Biologie	1
V11	120	Sport/Biologie	3

In Bezug auf die genannten Merkmale für die Stichprobenauswahl lassen sich die Proband_innen wie in Tabelle 16 dargestellt einordnen.

Tabelle 16. Verteilung der Proband_innen (V1-V11) in Bezug auf die Merkmale für die Stichprobenauswahl.

	<i>1. - 3. Mastersemester</i>	<i>4. - 5. Mastersemester</i>
<i>ein naturwissenschaftliches Fach</i>	V11 V10 V4	V3 V5
<i>zwei naturwissenschaftliche Fächer</i>	V2 V7	V9 V1 V6 V8

3.2.4 Konzeption des Settings

Der Studie liegen spezifische Datenschutzrichtlinien zugrunde, welche insbesondere bei der Erhebung der Daten zum Tragen kamen. Sie wurden in Zusammenarbeit mit Arndt (2016) und den Datenschutzbeauftragten der Humboldt-Universität zu Berlin erarbeitet (siehe Anhang 7).

Setting

Abbildung 29 (Seite 99) zeigt das Schema des Settings. Die Experimentierumgebung wird detailliert im Kapitel 3.2.2 (Entwicklung der Experimentierumgebung) beschrieben, Fotos werden in Abbildung 27 (Seite 95) gezeigt und eine Auflistung aller Materialien befindet sich im Anhang 3. An der Erhebungssituation waren zwei Personen beteiligt, die der Proband_in (1) und die Testleiterin (2). Die Experimentierumgebung (3-6), die Anordnung der Kameras (7) sowie die Position der Testleiterin (2) sind in einem Skript vorgegeben und damit standardisiert. Bei der Positionierung der Kameras wird der Fokus auf die Interaktionssequenz der des Proband_in und der Experimentierumgebung gelegt. Hierbei wird

üblicherweise eine statische Kameraposition verwendet (Tuma et al., 2013). Die Testleiterin ist nicht Bestandteil der Videoaufzeichnungen.

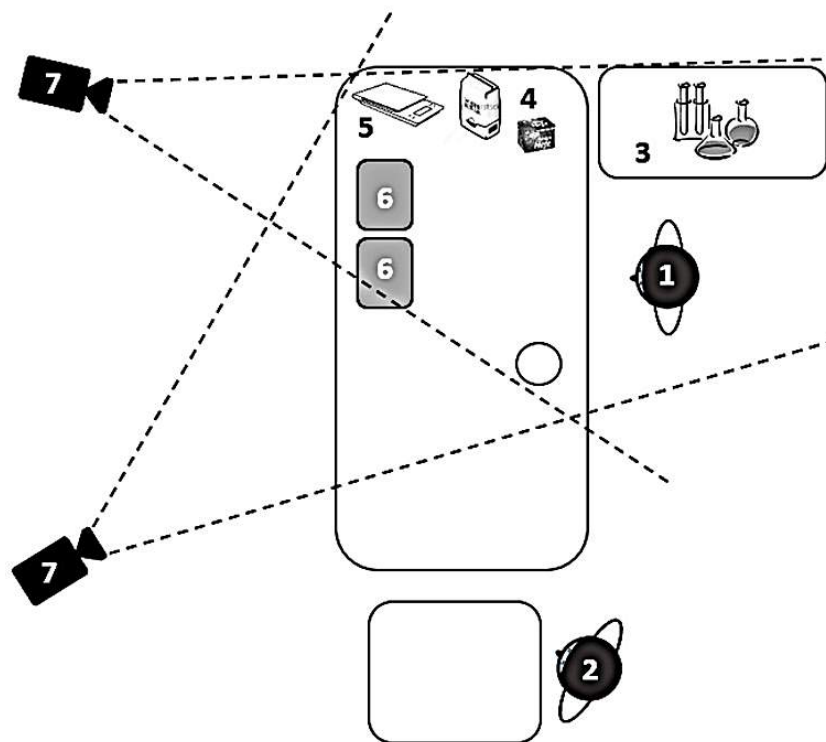


Abbildung 29. Setting der Erhebungssituation mit Position der beteiligten Personen (1, 2), der Experimentierumgebung (3-6) und der Kameras (7).

Instruktion

Zu Beginn der Erhebung erfolgte eine standardisierte Instruktion in Form eines zehnminütigen Gesprächs. Ziel dieser Instruktion war es, die_den Proband_in zu begrüßen, eine angenehme Atmosphäre zu schaffen und die_den Proband_in über notwendige Informationen in Kenntnis zu setzen. Maßgeblich für die Instruktion war, dass die_der Proband_in in Bezug auf den Experimentierprozess so wenig wie möglich beeinflusst wurde. Daher werden die Informationen auf das Notwendigste reduziert und es werden Begriffe aus dem *Strukturmodell zum Experimentieren* wie beispielsweise *Frage*, *Hypothese*, *Planung*, *Durchführung* sowie *Auswertung* vermieden. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, musste die Instruktion andererseits ausreichend explizite Hinweise auf die Richtung des Lösungsweges enthalten, damit alle Proband_innen das gleiche Verständnis davon hatten, was von ihnen erwartet wurde. Die Instruktion erfolgte daher auf der Grundlage eines strukturierten Leitfadens (siehe Gesprächsleitfaden im Anhang 5 und Anhang 6) und umfasste eine kurze Vorstellung der Studie sowie die damit verfolgten Ziele. Es wurde mitgeteilt, dass es konkret um die „*Analyse von Prozessen, die beim Experimentieren ablaufen*“ geht, und das Experiment wurde als „*Untersuchung von kausalen Zusammenhängen*“ definiert. Um sicherzustellen, dass die Proband_innen den zu messenden Kompetenzbereich auch zeigen (Stecher, 2010), wurden die Proband_innen zum Experimentieren aufgefor-

dert („Ich werde Dir zu Beginn ein kurzes Video zeigen und möchte Sie bitten anschließend zu experimentieren“). Weiterhin umfasste die Instruktion Aspekte zum Datenschutz sowie eine Übungsaufgabe zum lauten Denken und einige Vorgaben zur Erhebungssituation (siehe Anhang 6).

Während der Erhebung fand keine Interaktion zwischen der Testleiterin und den Proband_innen statt. Ausnahmefälle stellten Sicherheitsaspekte und verbrauchtes Material dar. Beim Auftreten von Gefahren und Unfällen war das Eingreifen der Testleiterin in den Experimentierprozess vorgesehen. Bei verbrauchten Materialien wie z. B. Eiswürfel, Hefe oder Substrate, wurde auf Nachfrage zusätzliches Material in die Experimentiersituation gegeben; diese beschränkten sich jedoch auf die für die Experimentierumgebung vorgesehenen Materialien (siehe Anhang 3).

3.2.5 Entwicklung des Interviewleitfadens

Das Interview erfolgte im Anschluss an den Experimentierprozess und hatte zum Ziel, mögliche Erklärungsansätze für die Interpretation der Ergebnisse zu erhalten. Aufgrund der umfangreichen Erhebungssituation wurde das Interview möglichst kurz gestaltet. Um das Einsetzen eines zusätzlichen Fragebogens zu vermeiden, enthielt das Interview neben inhaltlichen Fragen auch Fragen zu den personenbezogenen Variablen (Studiengang, Fächerkombination, Fortschritt des Studiums, ggf. Thema der Bachelor- und/oder Masterarbeit).

Als Vorarbeit für das strukturierte Interview erfolgte in Anlehnung an Helfferich (2005) die Entwicklung eines Interviewleitfadens, in dem Anweisungen für Fragen und Erzählaufforderungen festgehalten wurden. Der Leitfaden bestand aus drei wesentlichen Fragenkomplexen: den personenbezogenen Variablen, der Reflexion des Experimentierprozesses und, für die Erfassung der subjektiv wahrgenommenen Lerngelegenheiten, Fragen zu relevantem Fachwissen, fachmethodischem Wissen und entsprechenden Kompetenzen zum Thema Hefegärung sowie bezüglich des Experimentierens. Der komplette Interviewleitfaden befindet sich im Anhang 8.

3.3 Datenaufbereitung

Um die Experimentierprozesse in möglichst unverfälschter Form analysieren zu können, wurden die Videos nicht bearbeitet. Bei den zu analysierenden Videodaten handelt es sich daher um ungeschnittene, nicht nachbearbeitete Rohdaten (Tuma et al., 2013). Weiterhin erfolgte die Zusammenstellung der Kontextinformationen über die_den Proband_in und den jeweiligen Experimentierprozess. Dafür wurden die Laborprotokolle eingescannt. Die Experimentalaufbauten wurden in Form einer Aufbauskizze durch die Testleiterin festgehalten, welche anschließend digitalisiert wurde. Die Speicherung der Datenquellen erfolgte anonymisiert auf einem geschützten Datenträger. Anschließend folgte die Transkription der Videos nach einem standardisierten Leitfaden (Dresing & Pehl, 2013; Kuckartz, 2010; siehe Kapitel 3.3.1 sowie Anhang 9).

3.3.1 Transkription der Videos

Für die Aufbereitung der Daten aus dem *Lauten Denken* wurde ein sogenanntes „*Verbaltranskript*“ (Moritz, 2014b, S. 38) oder „*Verbalprotokoll*“ angefertigt. Die entsprechenden Videos wurden dafür nach einem sogenannten „*einfachen Transkriptionssystem*“ transkribiert, d. h. verschriftlicht (Dresing

& Pehl, 2013; Kuckartz, 2010). Dieser Transformationsprozess ist für die spätere Analyse einflussreich, denn er bedeutet auch immer eine Reduktion der Daten (Dresing & Pehl, 2010).

Transkriptionssysteme sind Regelwerke, die genau festlegen, wie gesprochene Sprache in eine fixierte Form übertragen wird. Im Allgemeinen besteht das Regelsystem aus drei Teilen: (1) den Transkriptionsregeln, (2) Hinweisen zur einheitlichen Schreibweise und (3) einem Beispieltranskript. Transkriptionssysteme können vor allem dadurch unterschieden werden, ob und wie verschiedene Merkmale der Kommunikation wie beispielsweise Betonungen, Sprechpausen oder Dialektfärbungen, aber auch nonverbale Kommunikation, in der Transkription berücksichtigt werden (Kuckartz, 2010). Je nach Methode kommt es zu mehr oder weniger Informationsverlusten.

In Anlehnung an Kuckartz (2010) und Dresing und Pehl (2013) wurde nach einem einfachen Transkriptionssystem vorgegangen, da dieses die Sprache deutlich glättet und den Fokus auf den Inhalt setzt (Kuckartz, Dresing, Rädiker & Stefer, 2008, siehe auch Dresing & Pehl, 2013 und Tuma et al., 2013). Hierbei wurde satzweise transkribiert, d. h. jeder gesprochene Satz stellte einen eigenen Absatz dar (Abbildung 30). Am Ende eines jeden Absatzes wurde eine Zeitmarke eingefügt, welche den Absatz mit dem entsprechenden Zeitpunkt im Video verlinkt. Der komplette Leitfaden zur Transkription sowie ein vollständiges Transkript befinden sich im Anhang 9.

S: Also, im Moment bin ich bei 13,3 g, (...) 16,6. #00:38:17-3#

S: Ich gucke erst mal, dass sich das [...] überhaupt löst. #00:38:20-7#

S: (4) #00:38:24-2#

S: Bevor ich jetzt hier noch mal zehn Gramm hiervon mit reinwerfe. #00:38:27-0#

Abbildung 30. Auszug aus einem Transkript (V1 Transkript, Abs. 453-456).

S=Studierende_r; (...) oder (4)=Pause; Zeitangabe zwischen zwei Rauten #=Zeitmarke.

Nach einer umfassenden Schulung übernahmen zwei studentische Hilfskräfte die Transkription der Videos; die Testleiterin überprüfte sämtliche Transkripte. Da die einzelnen Absätze (Abbildung 30) die Sinneinheiten für die Kodierung der Daten darstellen, kommt der Einteilung des Gesprochenen in Absätze und damit in zu kodierende Sinneinheiten eine entscheidende Bedeutung für die spätere Analyse der Daten zu. Aus diesem Grund erfolgt die Berechnung der Beurteilerübereinstimmung in Bezug auf die Transkription der Absätze. Die Transkripte werden in das Analyseprogramm MAXQDA 12 (VERBI Software, 2015b) eingefügt und mit dem entsprechenden Video verlinkt (Kuckartz, 2010).

3.3.2 Anfertigung der Aufbauskizzen

Während des Experimentierprozesses sowie am Ende fertigte die Testleiterin eine Skizze von den Experimentalaufbauten an. Diese zeigen den Versuchsaufbau für jedes durchgeführte Experiment und die entsprechenden Versuchsansätze im Überblick (siehe Anhang 23). Abbildung 31 zeigt die Aufbausskizzen am Beispiel des Experimentierprozesses von V8.

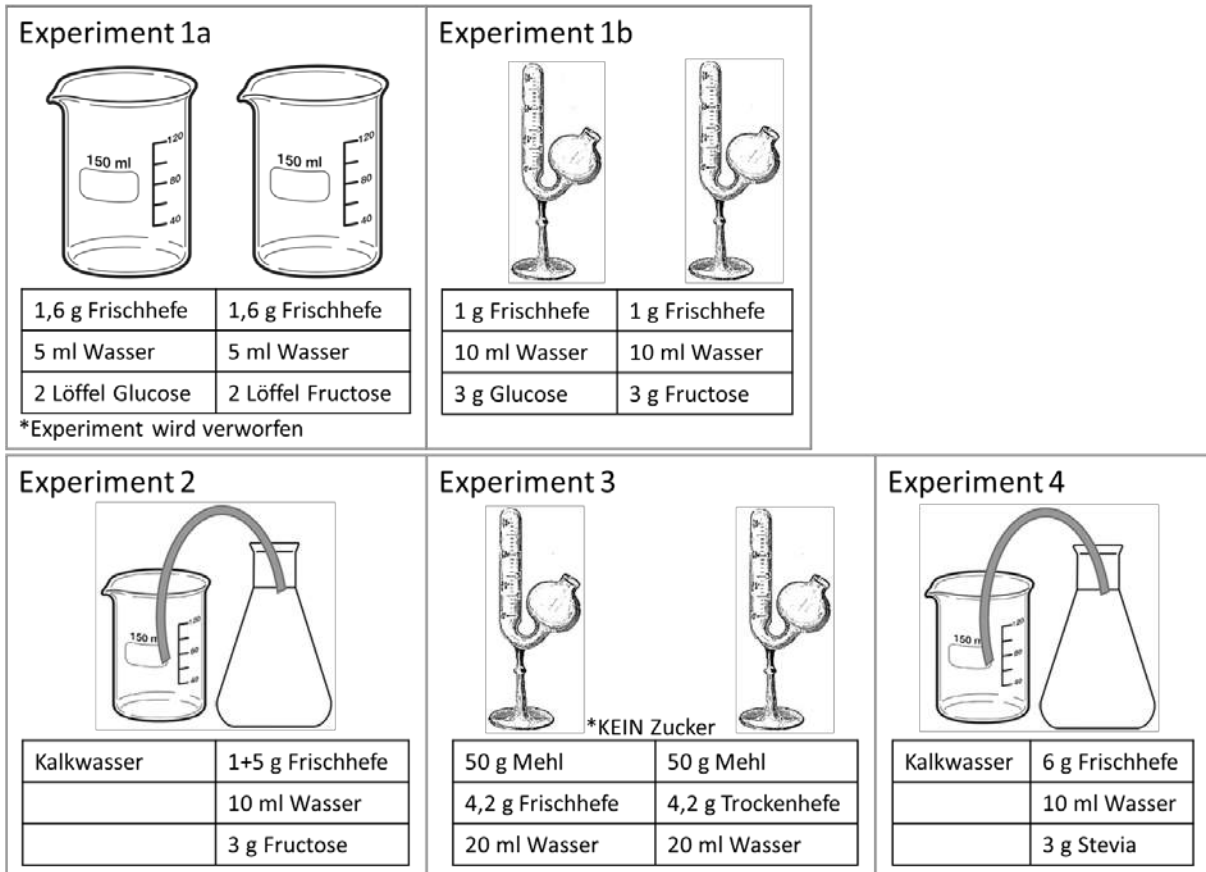


Abbildung 31. Aufbauskizze für die Experimentalaufbauten der_des Proband_in V8.

Der vollständige Datensatz einer_s Proband_in besteht aus einem Video, dem entsprechenden Transkript, den Skizzen der Experimentalaufbauten, einem Laborprotokoll falls vorhanden und einer Interview-Datei.

3.4 Auswertungsverfahren

Qualitative Inhaltsanalyse

Eine spezifische Auswertungsmethode in der qualitativen Forschung ist die qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2003). Sie ist eine Methodik der Interpretation, die das Vorgehen durch spezifische Analyseschritte und festgelegte Analyseregeln systematisiert und überprüfbar macht. Zusammenfassend kann die qualitative Inhaltsanalyse charakterisiert werden als Analyse fixierter Kommunikation mithilfe eines systematischen, regelgeleiteten und theoriegeleiteten Vorgehens, „mit dem Ziel, Rückschlüsse auf bestimmte Aspekte der Kommunikation zu ziehen“ (ebd.). Die qualitative Inhaltsanalyse zeichnet sich durch die folgenden Aspekte aus (ebd.): Einbettung des Materials in einen Kommunikationszusammenhang, systematisches, regelgeleitetes Vorgehen, Entwicklung von Kategorien als Zentrum der Analyse, Überprüfung der spezifischen Instrumente zum Beispiel durch Pilot-Studien, theoriegeleitete Analysen, Einbezug quantitativer Analyseschritte und Formulierung spezifischer Gütekriterien.

In der qualitativen Inhaltsanalyse sind drei Grundformen des Interpretierens differenzierbar: Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung (Mayring, 2003, S. 58). Die zentralste inhaltsanalytische Grundform des Interpretierens ist die Strukturierung. Sie hat zum Ziel, eine Struktur, die in Form eines Kategoriensystems an das Material herangetragen wird, herauszufiltern. Bedeutend bei dieser Technik ist, dass die Strukturierungsdimensionen aus der Fragestellung abgeleitet, theoretisch begründet und damit genau bestimmt werden. Diese Strukturierungsdimensionen werden im weiteren Verlauf weiter aufgespalten und zu einem Kategoriensystem zusammengestellt (ebd.). Der Ablauf dieser Technik erfolgt in mehreren Schritten und kann wie in Abbildung 32 modellhaft dargestellt werden.

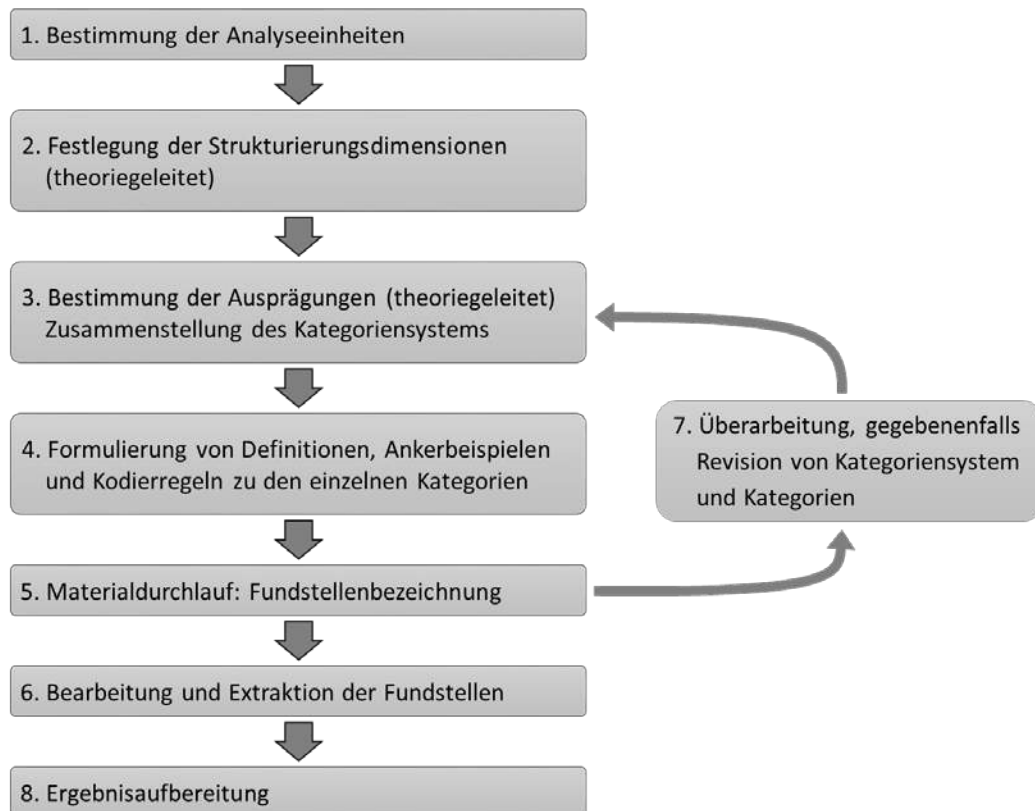


Abbildung 32. Ablaufmodell der strukturierenden Inhaltsanalyse (allgemein) verändert nach Mayring (2003, S. 84).

Die strukturierende Inhaltsanalyse stellt in der vorliegenden Arbeit das zentrale Verfahren bei der Entwicklung der Auswertungsinstrumente dar (siehe Kapitel 3.4.1, Seite 104ff.). Das Material wird mithilfe der Methode des *Lauten Denkens* in einen Kommunikationszusammenhang gebracht (siehe Kapitel 3.2.1, Seite 89ff.). Die Entwicklung, Pilotierung und Überarbeitung der Kodiermanuale (siehe Kapitel 3.4, Seite 102ff.) wie auch die Analyse der Daten (siehe Kapitel 3.5, Seite 116ff.) erfolgt systematisch und regelgeleitet. Die Kategorien, welche im Zentrum der Analyse stehen, sind zusammenfassend in den Kodiermanualen dargestellt (Anhang 15 bis Anhang 18), welche in Pilotstudien überprüft werden (siehe zum Beispiel Kapitel 3.4.1, Seite 110ff.). Die Analyse der Daten erfolgt theoriegeleitet (siehe Kapitel 3.5, Seite 115) und umfasst neben der qualitativen Auswertung auch quantitative Analyse-schritte (siehe Kapitel 3.5.1, Seite 121ff.). Die Beurteiler-Übereinstimmung hat bei der Formulierung spezifischer Gütekriterien eine besondere Bedeutung (dargestellt in Kapitel 3.1.2, Seite 81f.). Weitere Gütekriterien, welche dieser Arbeit zugrunde liegen, sind in Kapitel 3.1.2 (Seite 77ff.) beschrieben.

3.4.1 Kodiermanual zur Prozessstruktur

Entwicklung des Kodiermanuals

Die Entwicklung des Instrumentes für die Analyse der Prozessstrukturen erfolgt nach dem Verfahren der strukturierenden Inhaltsanalyse (Abbildung 32, Seite 103) nach Mayring (2003) und verläuft daran angelehnt in vier Schritten:

1. Definition der Kategorien: Auf Basis des zugrundeliegenden *Strukturmodells zum Experimentieren* (Kambach et al., in Vorbereitung; Kambach et al., 2013; siehe Abbildung 10, Seite 31) wurde in Zusammenarbeit mit Arndt (2016) ein Kategoriensystem entwickelt. Dabei wurden die sieben *Phasen* der ersten Ebene des Modells entsprechend in sieben *Kategorien* überführt. Die *Teilphasen* des Modells wurden in *Teilkategorien* und die *Aspekte* in entsprechende *Codes* transformiert (vgl. Abbildung 33).

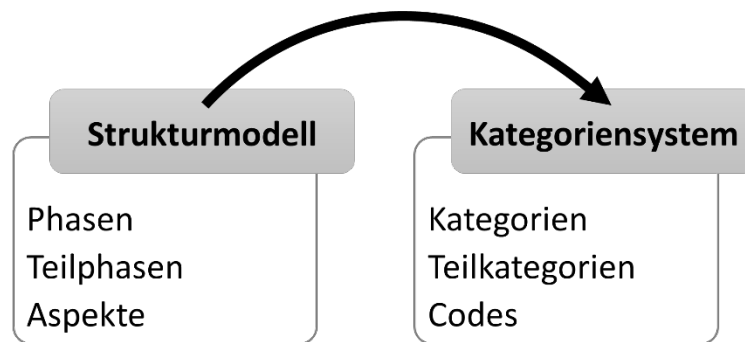


Abbildung 33. Überführung des Strukturmodells zum Experimentieren in ein Kategoriensystem.

Wie bereits im Kapitel 2.1.3 (Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, Seite 9ff.) beschrieben, sind Problemlöseprozesse kognitiv, d. h. sie sind latent und damit nicht direkt beobachtbar. Es kann lediglich indirekt aus dem Verhalten, der Performanz der Proband_innen, auf die zugrundeliegenden Kompetenzen geschlossen werden (Bortz & Döring, 2006; Kuhn et al., 2000). Der Fokus der Erhebung von Experimentierkompetenzen liegt auf der beobachtbaren Performanz, anhand derer auf das zugrundeliegende Kompetenzkonstrukt geschlossen wird (Schott & Azizighanbari, 2012). Es werden daher für jeden Code *Indikatoren* formuliert, welche als Anzeiger für den entsprechenden Zustand eines Codes und damit für bestimmte Kompetenzen dienen (Bortz & Döring, 2006). Tabelle 17 (Seite 105) zeigt einen Auszug aus dem Kodiermanual für den Code *beobachtet Phänomen/Problem*.

2. Hinzuziehen von Ankerbeispielen: Anhand der Daten für die Pilotierung wurden konkrete Textstellen angeführt, die einen bestimmten Code illustrieren und als Ankerbeispiele bezeichnet werden. Im abgebildeten Beispiel handelt es sich um Textstellen aus dem verbalen Protokoll (siehe beispielsweise Tabelle 17, Spalte 2).

3. Ergänzung von Hinweisen: Im Fall von Abgrenzungsproblemen zwischen Codes wurden Hinweise formuliert, mit denen eindeutige Zuordnungen möglich sind (siehe Tabelle 17, Spalte 3). Außerdem wurden Begriffsdefinitionen formuliert (siehe Tabelle 17, Zeile 4).

4. Formulierung von Kodierregeln: In einem separaten Dokument wurden allgemeine Kodierregeln formuliert, welche beispielsweise die Analyseeinheiten oder die allgemeine Vorgehensweise festlegen (siehe Anhang 15, Kodiermanual zur Prozessstruktur/Transkripte).

Tabelle 17. Auszug aus dem Kodiermanual zur Prozessstruktur für die verbalen Protokolle.

vP=verbales Protokoll; V=Proband_in; Abs.=Absatz.

E01 /beobachtet ^a Phänomen/Problem		
Indikatoren vP	Ankerbeispiele vP	Hinweise vP
expliziert, dass sie_er das Phänomen beobachtet	<i>V: Ich sehe den Film. (V1 Transkript, Abs. 11)</i>	Hier wird NUR beschrieben, NICHT gedeutet oder interpretiert. Es werden nur Aspekte genannt, die direkt beobachtbar sind (Abgleich mit Phänomen=Video)
beschreibt Beobachtung während der Betrachtung des Phänomens	<i>V: Mhm, also da sind/ werden zwei Becher verglichen und dann, huch, ist es schon vorbei. (V1 Transkript, Abs. 12)</i>	Sichtbare Eigenart von Hefegärung:
benennt direkt sichtbare Eigenschaft/Eigenart des Phänomens (z. B. Veränderung der Masse, Gasbildung)	<i>V: Bei der rechten passiert gar nichts. (...) (V1 Transkript, Abs. 24)</i>	erkennbare Veränderungen der Masse verbunden beispielsweise mit Gasbildung
nennt/beschreibt die Abwesenheit sichtbarer Eigenschaften/Eigenarten des Phänomens/Problems	<i>V: Und zwei Hefesuspensionen werden verglichen und irgendwie mit der einen, da steigt die Hefe oder irgendwas, die Suspension steigt halt hoch. (V1 Transkript Abs. 21)</i>	Wird ggf. parallel kodiert mit: E02 (identifiziert Phänomen/Problem) , wenn das Phänomen [Hefegärung] gleichzeitig identifiziert wird E03 (definiert Phänomen/Problem) wenn typische Eigenschaften des Phänomens [Hefegärung] genannt/beschrieben werden
^abeobachten <i>über eine gewisse Zeit zu einem bestimmten Zweck auf jemanden oder etwas achten, bzw. jemand oder etwas kontrollieren oder überwachen (Duden, 2013)</i>		

Details zur Kodierung der Experimentierprozesse

„Die grundlegende Operation zur Strukturierung großer Mengen qualitativen Datenmaterials stellt die qualitative Kodierung dar“ (Kelle et al., 1993, S. 54; siehe auch Corbin & Strauss, 1990; Glaser, 1965; Miles & Huberman, 1994; Tesch, 2013). Hierbei werden Ereignisse einer Datenquelle wie beispielsweise Abschnitte eines Videos oder Absätze in einem Transkript bestimmten Codes zugeordnet, welche in der vorliegenden Studie in einem zuvor erstellten Kategoriensystem beschrieben sind (siehe auch Miles & Huberman, 1994). Je nach Grad der für die Zuordnung erforderlichen Schlussfolgerungen lassen sich niedrig, mittel und hoch inferente Beobachtungssysteme unterscheiden (Tabelle 18). Ein niedrig inferentes Verfahren ist beispielsweise die Zuordnung direkt wahrnehmbarer Verhaltensäuße-

3 Methode

rungen zu vorgegebenen Kategorien in einem Kategoriensystem. Diese Verfahren sind dementsprechend an beobachtbaren Verhaltensweisen ausgerichtet, und die Kodierregeln sind klar definiert. Demzufolge erhöht sich die Zuverlässigkeit der Kodierungen (Seidel, 2003). Ziel niedrig inferenter Verfahren ist meist die Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes; die Analyseeinheiten sind in der Regel kurze Intervalle (Lotz et al., 2013b; Lotz, Gabriel & Lipowsky, 2013a). Rating- und Schätzverfahren gelten zu den hoch inferenten Verfahren. Bei diesen ist die konkrete Festlegung dessen, was zu identifizieren und zu bewerten ist, deutlich schwieriger, was eine hohe interpretative Leistung seitens der Beurteiler_in erfordert. Dieser verhältnismäßig große Spielraum für Interpretationen führt meist zu einer verringerten Zuverlässigkeit der Kodierungen (Seidel, 2003). Ziel hoch inferenter Verfahren ist die Bewertung des Untersuchungsgegenstandes; die jeweiligen Analyseeinheiten sind in Vergleich zu niedrig inferenten Verfahren größer und umfassen damit längere Sequenzen, beispielsweise ganze Unterrichtsstunden (vgl. Tabelle 18), und sie beziehen sich beispielsweise auf ganze Unterrichtsstunden (Lotz et al., 2013b; Lotz et al., 2013a).

Tabelle 18. *Niedrig, mittel und hoch inferente Beobachtungssysteme (Lotz et al., 2013b, S. 84).*

	Niedrig inferente Verfahren	Mittel inferente Verfahren	Hoch inferente Verfahren
Bezeichnung	Kodierung/Kategoriensystem	Kodierung/Kategoriensystem oder Rating/Schätzverfahren	Rating/Schätzverfahren
Art der Datengewinnung	Erfassung der Häufigkeit und Dauer leicht beobachtbarer Unterrichtsereignisse	Erfassen der Häufigkeit und Dauer schwierig zu beobachtender Unterrichtsereignisse oder Schätzverfahren mit relativ eindeutigen Regeln	Schätzverfahren zum Erfassen der Ausprägung eines Merkmals auf einer vorab definierten Skala
Ziel	Beschreibung der Unterrichtsgestaltung	Beschreibung oder Bewertung der Unterrichtsgestaltung	Bewertung der Unterrichtsgestaltung
Analyseeinheit	in der Regel kurze Abschnitte, z.B. 10-Sekunden-Intervalle oder kurze Ereignisse	kurze Abschnitte oder längere Unterrichtssequenzen/Ereignisse	in der Regel längere Unterrichtssequenzen oder ganze Unterrichtsstunden
Inferenz (Grad der Interpretation)	Verfahren orientieren sich fast ausschließlich an direkt beobachtbarem Verhalten; geringe Spielräume für die Beobachter	Verfahren orientieren sich teilweise an direkt beobachtbarem Verhalten; größere Spielräume für die Beobachter mit teilweise interpretativen Schlussfolgerungen	Verfahren orientieren sich nur teilweise an direkt beobachtbarem Verhalten; interpretative Schlussfolgerungen der Beobachter nötig
Beispiele	Kodierung der Sozialformen	Vorkommen von Verstehenselementen im Mathematikunterricht	Einschätzung des Unterrichtsklimas

Bei dem *Kodiermanual zur Prozessstruktur* handelt es sich um ein niedrig bis mittel inferentes Beobachtungssystem, welches der Beschreibung der Experimentierprozesse dient. Die Analyseeinheiten sind kurze Abschnitte von einem Absatz (Transkripte), Intervallen von 3 bis 10 Sekunden (Videos), einzelnen verschriftlichten Aspekten (Laborprotokolle) sowie einem Versuchsaufbau (Aufbauskizzen). Die Kodierregeln zu den handlungsbezogenen Aspekten der Experimentierkompetenz sind auf beobachtbares Verhalten ausgerichtet (z. B. *baut Versuchsanordnung auf*). Jedoch stehen die kognitiven Aspekte der Experimentierkompetenz nicht unbedingt mit beobachtbarem Verhalten in Verbindung (z. B. *zieht Schlussfolgerung*). Damit umfasst das Kodiermanual auch mittel inferente Codes, welche einen gewissen Interpretationsspielraum eröffnen. Mithilfe der im Manual klar definierten Kodierregeln wird der Spielraum möglichst geringgehalten.

Die Erstkodierung wurde in allen Fällen von der Autorin, d. h. von der Testleiterin vorgenommen. Die Zweitkodierung erfolgte jeweils durch eine zweite Expertin, die einen vergleichbaren wissenschaftlichen Hintergrund aufweist (Forschungshintergrund zum Thema *Scientific Inquiry* und/oder Experimentieren). Im Entwicklungsprozess des Kodiermanuals wurden auf Basis von drei Videos 17 % der Daten zweitkodiert. Die abschließende Berechnung der Übereinstimmungsmaße erfolgte auf der Basis von einem weiteren Video mit einer Länge von 2:05 Stunden, was ungefähr 10 % der Daten entspricht.

Kodiermethoden

Da bei der Kodierung der Experimentierprozesse, d. h. bei der Zuordnung der Daten zu Kategorien nach einem Kodierleitfaden vorgegangen wird, handelt es sich um Methoden des *Protocol Coding* (Saldaña, 2013). Die Codes einer Kategorie oder Teilkategorie werden nicht als distinkt angesehen und können folglich auch mehrfach vergeben werden (*Simultaneous Coding*, ebd.); außerdem umfasst das Kategoriensystem eine inhaltlich nicht definierte Kategorie „Sonstiges“. Damit handelt es sich bei dem *Kodiermanual zur Prozessstruktur* um ein offenes Kategoriensystem mit dichotomen beziehungsweise binären Codes (Bortz & Döring, 2006), die zwei Ausprägungen zulassen: vorhanden/nicht vorhanden beziehungsweise Kodierung/Nicht-Kodierung.

Die Kodierung der Datenquellen erfolgt Event-basiert, d. h. die Einheiten werden aus dem Sinnzusammenhang heraus definiert. Ein wesentlicher Vorteil im Gegensatz zur Intervall-basierten Methode ist, dass Ereignisse und Äußerungen in derjenigen Form kodiert werden, in welcher sie als Sinneinheiten dargeboten werden. Es kommt also nicht zu Verzerrungen, die über festgelegte Intervallgrenzen hinausgehen (Brückmann & Duit, 2014).

Die Kodierung der Experimentierprozesse besteht aus zwei Kodier-Zyklen. Im ersten Zyklus wird der Experimentierprozess mit der Methode des *Process Coding* (Saldaña, 2013, S. 77-81) anhand des entsprechenden Kodiermanuals kodiert. Das *Process Coding* eignet sich insbesondere für die Untersuchung von prozesshaften Handlungsverläufen, „[...] particularly for those that search for ongoing action/interaction/emotion taken in response to situations, or problems, often with the purpose of reaching a goal or handling a problem“ (Corbin & Strauss, 2008, S. 96). Wenn in einem Experimentierprozess mehrere Experimente durchgeführt wurden, wird in einem zweiten Zyklus die Binnenstruktur, d. h. die Abfolge der unterschiedlichen Experimente, kodiert (*Structural Coding*, Saldaña, 2013, S. 66). Als Kriterium für die Abgrenzung der Experimente gilt die Untersuchung der unabhängigen Variablen. Wird der Einfluss von nur einer unabhängigen Variable wie zum Beispiel die Temperatur untersucht, handelt es sich um ein Experiment. Die Untersuchung zweier unabhängiger Variablen, wie Temperatur und Hefeart, werden als zwei getrennte Experimente betrachtet. Hinweis darauf geben die *Frage-* beziehungsweise *Zielstellung* und gegebenenfalls die *Hypothese* sowie die *Auswertung* eines Experiments. Liegen einem Experiment zwei unterschiedliche *Frage-* oder *Zielstellungen* und *Hypothesen* zugrunde und wurden die Ergebnisse getrennt voneinander ausgewertet, handelt es sich um zwei unterschiedliche Experimente. Ein Beispiel für zwei Zielstellungen, mit denen die Untersuchung zweier unterschiedlicher unabhängiger Variablen (Temperatur und Zuckerart) angestrebt wird, ist das Folgende:

Zielstellung zum Experiment 1

V: „Also, ich möchte jetzt gerne die Temperatur als Variable nehmen (...) und äh (.) möchte die Abhängigkeit der CO2-Konzentration (..) von der Temperatur (..) äh (..) feststellen“ (V6 Transkript, Abs. 74).

Zielstellung zum Experiment 2

V: „Dann/ nein Zucker oder (...) [inwiefern die] Zuckerart einen Einfluss (...) einen Einfluss auf (..) die Gärung (...) hat (.). Und zwar bei gleichbleibender also bei gleichbleibender Temperatur nämlich Raumtemperatur“ (V6 Transkript, Abs. 770-771).

Kodiereinheiten

Transkripte. Die Kodierung der Transkripte erfolgt auf Absatzebene, d. h. jeder transkribierte Absatz stellt eine festgelegte Kodiereinheit dar (siehe Kodierleitfaden im Anhang 11). Abbildung 34 (Seite 108) zeigt einen Ausschnitt aus dem Analyseprogramm MAXQDA 12 mit den Absätzen 239 bis 244 und der Angabe der jeweils kodierten Codes (linke Spalte). Bei unterbrochenen Sinneinheiten, wenn ein_e Proband_in einen Gedankengang beispielsweise durch eine Pause unterbricht und dieser somit mehrere Absätze umfasst, werden diese mit einem Verweis auf den jeweiligen Zusammenhang versehen und einzeln kodiert (siehe Abbildung 34, Absatz 239 und 240). Pausen von vier oder mehr Sekunden stellen eigene Absätze dar (siehe Kapitel 3.3.1, Seite 100) und werden mit dem Code *Kein lautes Denken* versehen. Diese Pausen werden bei der Kodierung der Videos berücksichtigt.

..entwirft Kontrollansatz	239	S: Ich überleg grad, wenn man es vielleicht ganz genau nimmt (.) müsste man wahrscheinlich noch ein drittes Becherglas nehmen mit nur Nährlösung und keine Hefe reintun, (.) als Kontrollansatz. (.)
..entwirft Kontrollansatz	240	S: Mach ich jetzt einfach mal so.
..kein lautes Denken	241	S: (4)
..entwirft Kontrollansatz	242	S: Also, drei Ansätze
..kein lautes Denken	243	S: (4)
..nicht zuordenbar	244	S: (So?) (.)

Abbildung 34. Ausschnitt aus der Analysesoftware MAXQDA12 (V9 Transkript, Abs. 239-244). Linke Spalte=Angabe des jeweils vergebenen Codes; Nummerierung=Absatznummer; S=Studierende_r; (.) oder (4)=Pause.

Videos. Die Kodiereinheiten der Videos werden analog zu den Absätzen des verbalen Protokolls gesetzt, indem die vorhandenen Zeitmarken übernommen werden (Abbildung 35). Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass die Kodiereinheiten der verbalen Protokolle und Videos vergleichbar sind. Es hat sich

in den vorliegenden Daten gezeigt, dass Übergänge in den Handlungen oft durch Kognitionen eingeleitet werden. Die im verbalen Protokoll gesetzten Zeitmarken stellen somit überwiegend auch Übergänge in den Handlungen dar. Zeiteinheiten von 10 Sekunden und länger werden geteilt, wenn innerhalb dieser Einheit mehrere Handlungen beobachtbar sind (siehe Kodierleitfaden im Anhang 12).

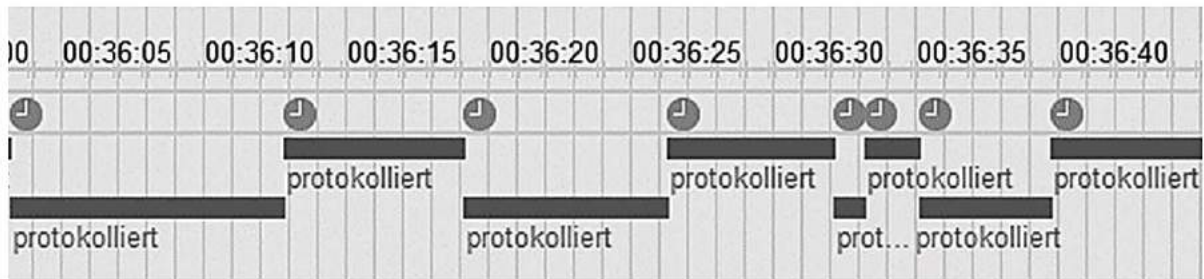


Abbildung 35. Ausschnitt aus der Analysesoftware MAXQDA12 (V9 Video, 00:36:00 – 00:36:40).

Angabe der Zeit in hh:mm:ss; Uhrensymbole stellen die aus dem Transkript übernommenen Zeitmarken dar, die farbigen Balken verdeutlichen den jeweils kodierten Code (protokolliert).

Laborprotokolle. Die Kodiereinheiten der Laborprotokolle werden als Sinneinheiten definiert (siehe Kodierleitfaden im Anhang 13). Sie umfassen beispielsweise eine *Fragestellung* oder *Hypothese* oder eine Tabelle, eine Berechnung oder eine Liste protokollierter Werte (Abbildung 36, Seite 109). Die Kodierung erfolgt auf der Basis des Kodiermanuals für die Transkripte (siehe Anhang 15).

<p>..3 Berücksichtigung aller Aspekte ..3 vollständige, klare Protokollierung der ..3 vollständige, klare Aufbereitung der Di ..erstellt Tabelle</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>(1) TH</th> <th>(2) FH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5 mi</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>15 mi</td> <td>41 ml</td> <td>39 min</td> </tr> <tr> <td>30 mi</td> <td>60 ml</td> <td>40 min</td> </tr> <tr> <td>45 mi</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		(1) TH	(2) FH	5 mi	-	-	15 mi	41 ml	39 min	30 mi	60 ml	40 min	45 mi		
	(1) TH	(2) FH														
5 mi	-	-														
15 mi	41 ml	39 min														
30 mi	60 ml	40 min														
45 mi																

Abbildung 36. Ausschnitt eines Protokolls aus der Analysesoftware MAXQDA12 (Proband_in V9).

Linke Spalte=Angabe der Codes, in die die betroffene Einheit kodiert wurde; TH=Trockenhefe; FH=Frischhefe.

Aufbauskiizen. Die Einheiten für die Kodierung der Aufbauskiizen sind die einzelnen Experimente (siehe Kodierleitfaden im Anhang 13). Die Aufbauskiize eines Experiments umfasst alle Materialien und Hinweise auf die Versuchsansätze (Abbildung 37).

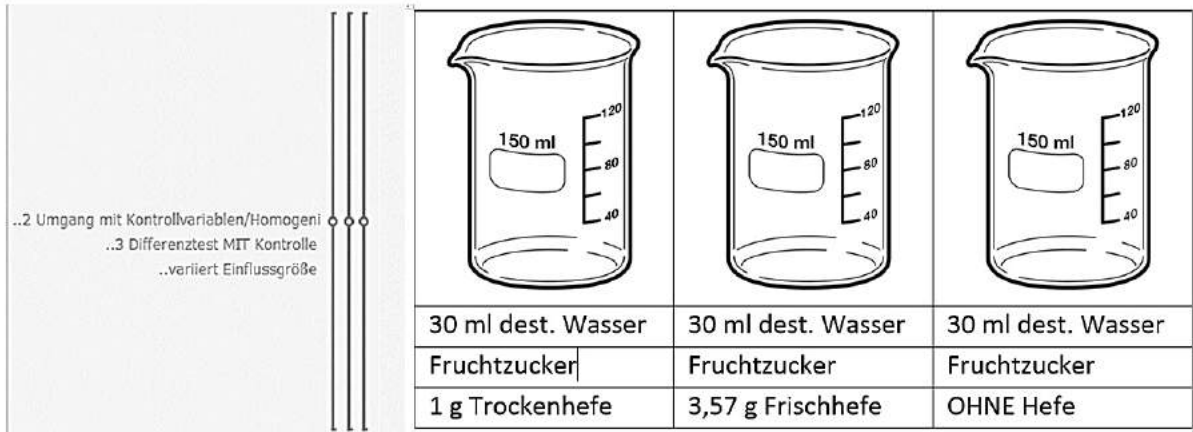


Abbildung 37. Ausschnitt einer Aufbauskizze aus der Analysesoftware MAXQDA12 (Proband_in V9).
 Linke Spalte=Angabe der Codes, in die die betroffene Einheit kodiert wurde.

Überarbeitung des Kodiermanuals zum Experimentierprozess

Besondere Herausforderungen im Prozess der Pilotierung der Auswertungsinstrumente und der damit angestrebten Sicherstellung ihrer Zuverlässigkeit stellten auf der einen Seite die Komplexität des *Strukturmodells zum Experimentieren* und auf der anderen Seite die Länge und Komplexität der Experimentierprozesse sowie die unterschiedlichen Ebenen der Datenquellen dar.

Komplexität des Kodiermanuals: Das *Strukturmodell zum Experimentieren* umfasst im Vergleich zu anderen Modellen eine sehr große Anzahl von Aspekten, die in das Kodiermanual überführt wurden. Ein derart komplexes Kodiermanual stellt hohe Anforderungen an die Kodierenden, da alle Aspekte im Prozess der Kodierung präsent sein müssen. Die Phase der Kodiererschulung ist damit sehr zeit- und arbeitsintensiv und erfordert eine umfangreiche Einarbeitung der des Zweitkodierer_in in das Material. Die Einbeziehung mehrerer Kodierer_innen im vorliegenden Projekt war aus diesem Grund problematisch. Zudem zeigten sich bei der Formulierung von Indikatoren und Definitionen wiederholt Überschneidungen zwischen einzelnen Aspekten.

Komplexität der Experimentierprozesse: Aufgrund der Offenheit der in dieser Studie eingesetzten Experimentierumgebung und durch den Verzicht auf zeitliche Vorgaben sind einige Experimentierprozesse verhältnismäßig lang (bis zu drei Stunden). Außerdem weisen die Prozesse wiederholt Sprünge zwischen den Phasen auf, Experimente wurden abgebrochen oder mehrere Experimente wurden zeitgleich durchgeführt. Die Offenheit der Experimentierumgebung sowie das Abbrechen oder gleichzeitige Durchführen mehrerer Experimente führt zu einer hohen Komplexität der zu kodierenden Daten. Einen Überblick über den gesamten Prozess zu erlangen und flexibel über diesen diskutieren zu können, ist grundlegend für die Kodierung von Daten. Die Komplexität von Prozessen ist gut zu überblicken, wenn die der Testleiter_in anwesend ist und den Prozess direkt beobachtet. Externe Kodierer_innen, die die Situation nicht direkt beobachtet haben und lediglich auf Basis eines Transkriptes urteilen können, müssen sich dagegen intensiv in das Datenmaterial einarbeiten.

Unterschiedlichkeit der Datenquellen: Für die umfangreiche und detaillierte Erfassung der Experimentierprozesse ist der Einsatz unterschiedlicher Methoden von Bedeutung (vgl. Kapitel 3.2, Seite 86ff.). Daraus resultiert, dass zu jedem Experimentierprozess unterschiedliche Datenquellen (Videos, *Lauter-Denken*-Protokolle, Laborprotokolle und Aufbausketzen) vorlagen, für die das Kodiermanual entsprechend angepasst wurde.

Die Komplexität des Kodiermanuals sowie der Experimentierprozesse machen eine besondere, systematische Vorgehensweise im Prozess der Überarbeitung und Weiterentwicklung des Kodiermanuals erforderlich, welche in einem eigens dafür erstellten Leitfaden (Anhang 19) festgehalten wurde. Ziel dieses Vorgehens war es, den hohen Aufwand der Einarbeitung in eine Datenquelle und das Manual möglichst umfangreich für die Überarbeitung des Kodiermanuals zu nutzen. Damit wurde angestrebt, möglichst viele Ergebnisse anhand einer Datenquelle zu erzielen, um die Hinzunahme von weiteren Datenquellen und die entsprechend erforderliche intensive Einarbeitung zu verringern. Abbildung 38 zeigt diesen leitfadengestützten Überarbeitungsprozess im Überblick, welcher in der vorliegenden Studie dreimal durchlaufen wurde.

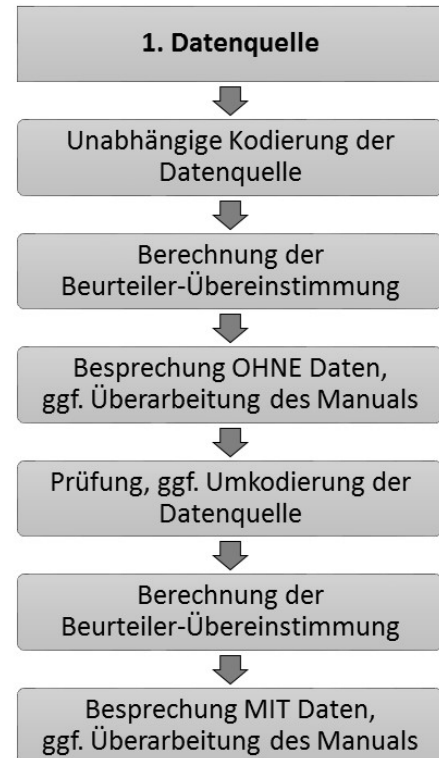


Abbildung 38. Prozess der Überarbeitung des Kodiermanuals zum Experimentierprozess.

Prozess der Überarbeitung

Mit der Überarbeitung des Kodiermanuals wird die Sicherstellung der Zuverlässigkeit der Ergebnisse angestrebt. Dabei wird geprüft, inwiefern sich die theoretisch angenommenen Phasen, Teilphasen und Aspekte in den videographierten Experimentierprozessen abbilden und in Verhaltensindikatoren fassen lassen (Seidel, 2003).

Im ersten Kodierzyklus wurde am Fall von V1 die intrapersonelle Beurteiler-Übereinstimmung geprüft, indem dieselbe Raterin dasselbe Material unabhängig zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten kodierte. Anhand der Nicht-Übereinstimmungen wurde das Kodiermanual revidiert, indem vorzugsweise Indikatoren, Ankerbeispiele und Hinweise zu einzelnen Kategorien oder Kodierregeln überarbeitet wurden (vgl. Tabelle 19). In Ausnahmefällen wurde in das Kategoriensystem an sich eingegriffen, d. h. in einzelne Codes oder deren Struktur im Kategoriensystem. In dieser Phase wurde ausschließlich erweiternd vorgegangen, indem einzelne Codes aufgespalten oder umstrukturiert, jedoch nicht exkludiert wurden. Um auszuschließen, dass wesentliche Aspekte in den Experimentierprozessen mit dem *Strukturmodell zum Experimentieren* nicht erfasst wurden und somit unberücksichtigt blieben, wurde die Kategorie *Sonstiges* im Prozess der Überarbeitung wiederholt geprüft und gegebenenfalls wurden in einem Prozess induktiver Kategorienbildung neue Codes formuliert (siehe Anhang 19, Leitfaden für

3 Methode

die Weiterentwicklung des Kodiermanuals). In diesem Schritt wurde bereits angestrebt, alle für den Experimentierprozess wesentlichen Aspekte in das Strukturmodell zu integrieren.

Tabelle 19. Auszug aus dem Kodiermanual.

V=Proband_in; Abs.=Absatz.

[ID]/Codebezeichnung	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
[E01] /beobachtet Phänomen/Problem	expliziert, dass sie_er das Phänomen beobachtet	V: "Ich sehe den Film". (V1 Transkript, Abs. 11)	Es werden nur Aspekte genannt, die direkt beobachtbar sind (Abgleich mit Phänomen=Video)

In den darauf folgenden drei Kodierzyklen wurden jeweils ein_e Zweitkodierer_in und entsprechend drei weitere Datenquellen hinzugezogen. Dieser Prozess erfolgte, wie in Abbildung 39 (Seite 112 dargestellt, zirkulär). Vor Beginn der Kodierung erfolgte eine intensive Kodiererschulung, in der das Kodiermanual, die Kodierregeln und gegebenenfalls Änderungen besprochen wurden. Anschließend erfolgte die unabhängige Kodierung einer Datenquelle in zwei getrennten Projekten mithilfe der Analysesoftware MAXQDA 12 (VERBI Software, 2015b). Für die Berechnung der interpersonellen Beurteilerübereinstimmung, d. h. zwei unabhängige Rater_innen kodieren dasselbe Material zum selben Zeitpunkt (Wirtz & Caspar, 2002), wurden die beiden Projekte wieder zusammengeführt. Als Grundlage für die Beurteilung der Beurteiler-Übereinstimmung dient auf Ebene der Phasen und Teilphasen das Übereinstimmungsmaß Kappa (k; (Brennan & Prediger, 1981). Die Beurteilerübereinstimmung wird auf der Ebene der Codes auf Grundlage des prozentualen Übereinstimmungsmaßes (PÜ) berechnet (Wirtz & Caspar, 2002).

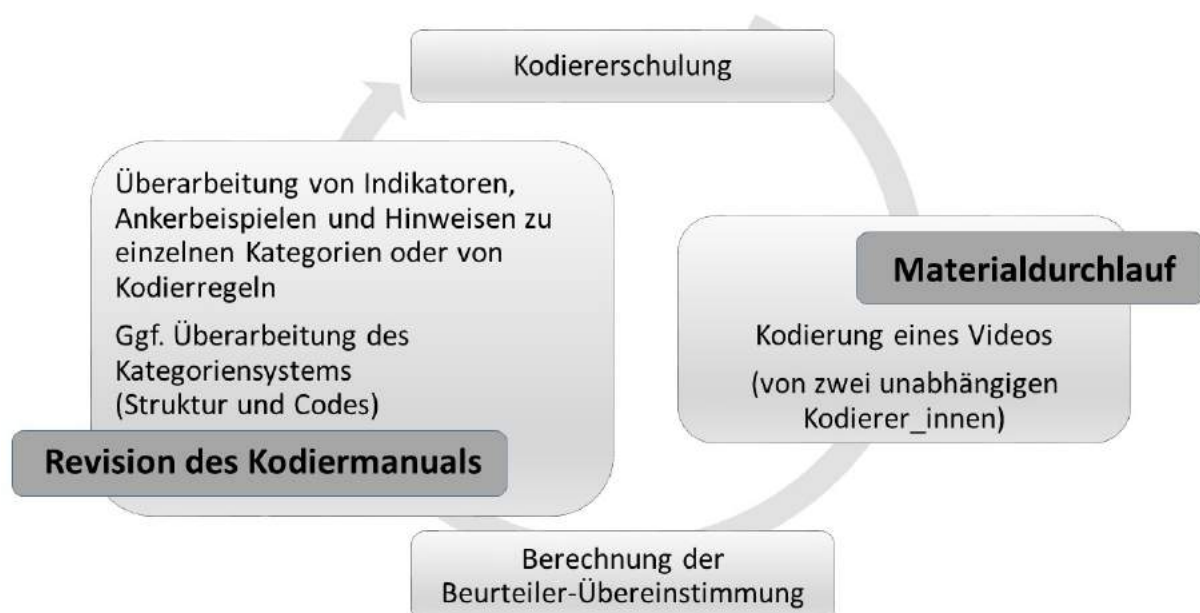


Abbildung 39. Zirkuläre Vorgehensweise bei der Überarbeitung und Weiterentwicklung des Kodiermanuals.

Anpassung des Kodiermanuals an weitere Datenquellen

Für die Analyse der Videos und Laborprotokolle wurde das oben beschriebene Kodiermanual übernommen, und die Indikatoren und Hinweise wurden folgendermaßen an die jeweilige Datenquelle angepasst: In Bezug auf das Video erfolgte die Anpassung der Indikatoren und Hinweise auf Ebene der Sichtstruktur. Viele der Codes wurden dabei ausgeschlossen, da sie kognitive Prozesse beschreiben und somit im Videomaterial nicht sichtbar sind. Die Kodierregeln wurden insofern angepasst, als dass Einheiten für die Kodierung festgelegt wurden. Hier wurde auf die bestehenden Zeitmarken zurückgegriffen, um die beiden Datenquellen miteinander vergleichen zu können. Die Überarbeitung und Weiterentwicklung des Kodiermanuals erfolgte nach dem oben beschriebenen Leitfaden. Bezüglich des Laborprotokolls wurde in gleicher Weise vorgegangen.

Vernetzung der Datenquellen

In den Fällen, in denen eine Interpretation eines Absatzes bzw. eines Ereignisses in einer Datenquelle nicht allein durch diese Datenquelle interpretierbar ist, wird eine zweite Datenquelle hinzugezogen. In diesen Fällen wird zusätzlich ein entsprechender Code vergeben, der diesen Schritt dokumentiert. Beispielsweise ist ein Absatz im Transkript nicht interpretierbar und es muss auf die Sichtstruktur, also das Video, zurückgegriffen werden. Ein Blick in das Video klärt die Textstelle auf und ermöglicht somit die entsprechende Kodierung. Zusätzlich wird der Code *Abgleich mit Video* vergeben. Damit ist eine rekonstruierbare Vernetzung der unterschiedlichen Datenquellen möglich.

Abfolge der Experimente

Über die Kategorien zum Experimentierprozess hinaus wird in einem zweiten Kodierzyklus die Abfolge der Experimente kodiert. Bei der Ausführung mehrerer Experimente wird also bei jeder Kodiereinheit (Absatz) parallel kodiert, um welches Experiment (Nummerierung) es sich handelt.

3.4.2 Kodiermanual zu den Niveaustufen

Für die Bewertung von Lehr- oder Lernprozessen bietet sich der Einsatz hoch inferenter Schätzverfahren an (vgl. Kapitel 3.4.1, Seite 105; Clausen, Reusser & Klieme, 2003). Das *Kodiermanual zu den Niveaustufen* dient der Bewertung der Experimentierprozesse. Die Analyseeinheit ist der gesamte Experimentierprozess, welcher mehrere Datenquellen umfasst (Transkripte, Videos, Laborprotokolle und Aufbauskiizen). Die Kodierung der Niveaustufen umfasst die Ausprägung eines bestimmten Merkmals, beispielsweise das Niveau der formulierten Hypothese, auf einer vorgegebenen Skala. Das *Kodiermanual zu den Niveaustufen* kann als hoch inferentes Verfahren betrachtet werden.

Entwicklung des Kodiermanuals zu den Niveaustufen

In Anlehnung an Ergebnisse des *Conceptual Change Approaches* (Baltas, Vosniadou & Vamvakoussi, 2007) werden in der vorliegenden Studie drei Kompetenzniveaus in den jeweiligen Kategorien formuliert. Als Grundlage für die Entwicklung des Kodiermanuals dienen in der Literatur bereits bestehende Kategoriensysteme (z. B. Arnold et al., 2012; Grube, 2010; Meier, 2016; Nawrath et al., 2011). Es wird

3 Methode

zunächst die Passung zwischen den bereits vorliegenden Kategorien und dem *Strukturmodell zum Experimentieren* geprüft. Bei Ungleichheiten wird die Struktur der Kategorien, also deren Einordnung im Experimentierprozess, angeglichen. Außerdem wird die Anzahl der Niveaustufen auf drei reduziert, indem gegebenenfalls Merkmale zusammengefasst werden (siehe N/F_1, N/F_2 und N/F_3). Ein Niveau X wird hinzugefügt falls Kategorien in einem Experimentierprozess nicht kodierbar sind (siehe N/F_X), weil sie entweder nicht vorkommen oder deren Beurteilung aus anderen Gründen nicht möglich ist. Wenn vorhanden, werden die Indikatoren aus der Literatur übernommen und gegebenenfalls angepasst. Andernfalls werden neue Indikatoren formuliert. Um den Interpretationsspielraum seitens der Kodierer_innen möglichst gering zu halten, wird in jeder Kategorie ein Verweis auf relevante Codes im *Kodiermanual zur Prozessstruktur* gegeben, welcher das Einbeziehen relevanter Stellen im Datenmaterial standardisiert und das Wiederfinden dieser erleichtert. Die Tabelle 20 (Seite 114) zeigt einen Auszug aus dem *Kodiermanual zu den Niveaustufen* bezüglich der Phase *Frage/Ziel*. Das vollständige Kodiermanual befindet sich im Anhang 18.

Tabelle 20. Auszug aus dem *Kodiermanual zu den Niveaustufen am Beispiel der Phase Frage/Ziel in Anlehnung an Grube (2010)*.

N/FZ=Niveaustufe/Frage/Ziel; o=einer der Indikatoren muss zutreffen; +=alle Indikatoren müssen zutreffen.

CODE ID	CODENAME	INDIKATOREN
N/FZ_X	keine Frage	<ul style="list-style-type: none"> ○ formuliert kein/e Forschungsfrage/Forschungsziel ○ formuliert naturwissenschaftlich nicht prüfbare, allgemeine oder nur subjektiv sinnvolle/s Forschungsfrage/Forschungsziel
N/FZ_1	einfache Frage auf Phänomenebene	<ul style="list-style-type: none"> + formuliert naturwissenschaftlich überprüfbare/s Forschungsfrage/Forschungsziel ohne Zusammenhang und ohne Bezug auf biologisches Fachverständnis + bezieht sich bei der Formulierung der/s Forschungsfrage/Forschungsziels auf das Phänomen/Problem
N/FZ_2	Frage nach Zusammenhang ohne Fachverständnis	+ formuliert naturwissenschaftlich überprüfbare/s Forschungsfrage/Forschungsziel hinsichtlich eines Zusammenhangs (abhängige und unabhängige Variable) ohne Bezug auf biologisches Fachverständnis
N/FZ_3	Frage nach Zusammenhang mit Fachverständnis	+ naturwissenschaftlich überprüfbare/s Forschungsfrage/Forschungsziel hinsichtlich eines Zusammenhangs mit Bezug auf biologisches Fachverständnis
	Link zum Kodiermanual zur Prozessstruktur	F01 (formuliert Forschungsfrage) F03_X (formuliert Forschungsziel)

Details zur Kodierung der Niveaustufen

Die Niveaustufen beschreiben Aspekte, die im Gegensatz zur Kodierung der Experimentierprozesse nicht in jedem Fall an einzelne Ereignisse oder Äußerungen im Experimentierprozess gebunden und

auch nicht unbedingt in jeder Datenquelle erkennbar sind. Stattdessen erstrecken sie sich teilweise über den gesamten Experimentierprozess und auch über mehrere Datenquellen. Daher wird auf ein Kodierverfahren zurückgegriffen, welches den Experimentierprozess als Ganzes betrachtet und alle Datenquellen subsummiert. Das bedeutet, dass einige Aspekte der Niveaustufen in den Transkripten kodiert wurden und andere im Laborprotokoll oder den Skizzen der Experimentalaufbauten. Es wurde im Vergleich zum ersten Fall nicht absatzweise vorgegangen, sondern „ereignisbasiert“, was heißt, dass alle Datenquellen herangezogen werden, und wenn ein Ereignis als Niveaustufe kodierbar ist, dieser Absatz bzw. Abschnitt kodiert wird.

Im Falle des Kodiermanuals zu den Niveaustufen handelt es sich um ein ordinalskaliertes geschlossenes Kodiersystem mit dichotomen Kategorien (Döring & Bortz, 2016). Das bedeutet, dass ein Ereignis pro Kategorie jeweils nur einer Niveaustufe zugeordnet werden kann. Da die Proband_innen in ihren Experimentierprozessen teilweise jedoch mehrere Experimente durchführten, können in Bezug auf den gesamten Prozess auch mehrere Codes derselben Kategorie kodiert werden. Auch wenn ein Aspekt im Laufe des Prozesses mehrmals erwähnt wird, kann eine Kategorie mehrfach vergeben werden. Benennt beispielsweise die_der Proband_in eine *Frage* oder *Hypothese* zu Beginn des Prozesses und im späteren Verlauf noch einmal, wird jeder Absatz des Transkripts kodiert. Die jeweiligen Niveaustufen können gegebenenfalls abweichen. Die Einordnung der Niveaustufe der jeweiligen Kategorien erfolgt dann auf Grundlage der am höchsten kodierten Niveaustufe. Auch wenn die_der Proband_in ihre_seine Strategie im Verlauf des Prozesses ändert, können die Kodierungen der Niveaustufen voneinander abweichen.

In einem Pilotierungsprozess wurde anhand eines Falls von zwei unabhängigen Experten geprüft, ob das Kodiermanual verständlich und eindeutig ist und inwiefern sich die Niveaustufen in den Experimentierprozessen zeigen. Da die Kategorien zur Beurteilung der Niveaustufen aus bestehenden, bereits validierten Instrumenten entnommen wurden, erfolgte diesbezüglich keine erneute Prüfung der Übereinstimmungsmaße.

Die drei Kodiervorgänge zum Experimentierprozess (1), zur Abfolge der Experimente (2) sowie zu den Niveaustufen (3) sind in Abbildung 40 dargestellt.

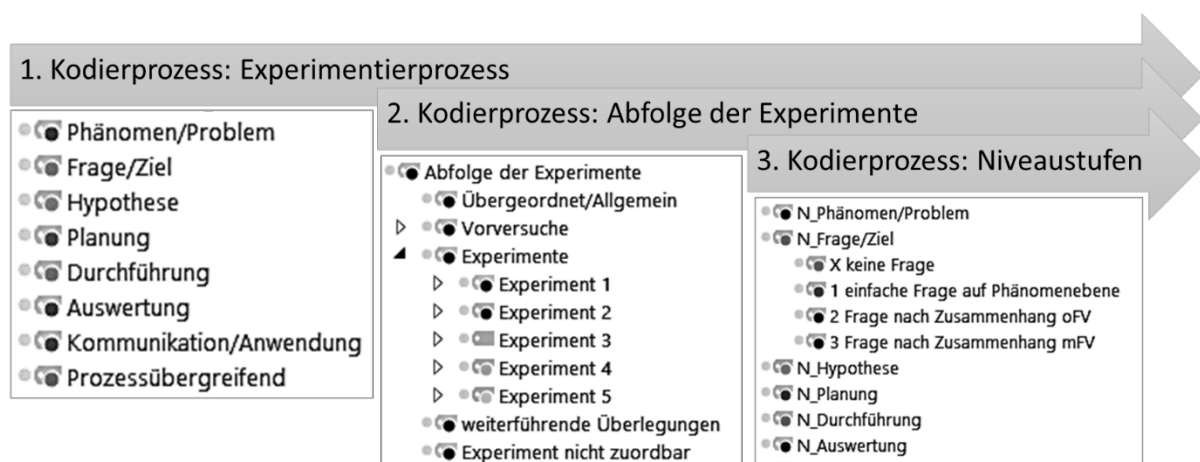


Abbildung 40. Ausschnitt aus der Liste der Codes zu den drei Kodierprozessen 1. Experimentierprozess, 2. Abfolge der Experimente und 3. Niveaustufen.

N_=Niveau.

3.5 Analyseverfahren

3.5.1 Analyse individueller Prozessstrukturen

Qualitative Analysen

Für die Analyse der Prozessmuster werden drei Ebenen differenziert (vgl. Abbildung 41, Seite 116). Der Experimentierprozess stellt die größte Analyseeinheit dar. Bei der Untersuchung mehrerer Variablen (z. B. Zuckerart und Hefeart) umfasst ein Experimentierprozess mehrere Experimente. Ein Experiment beinhaltet je Ausprägung der Variable (z. B. Fructose und Saccharose) wiederum mehrere Versuchsansätze.

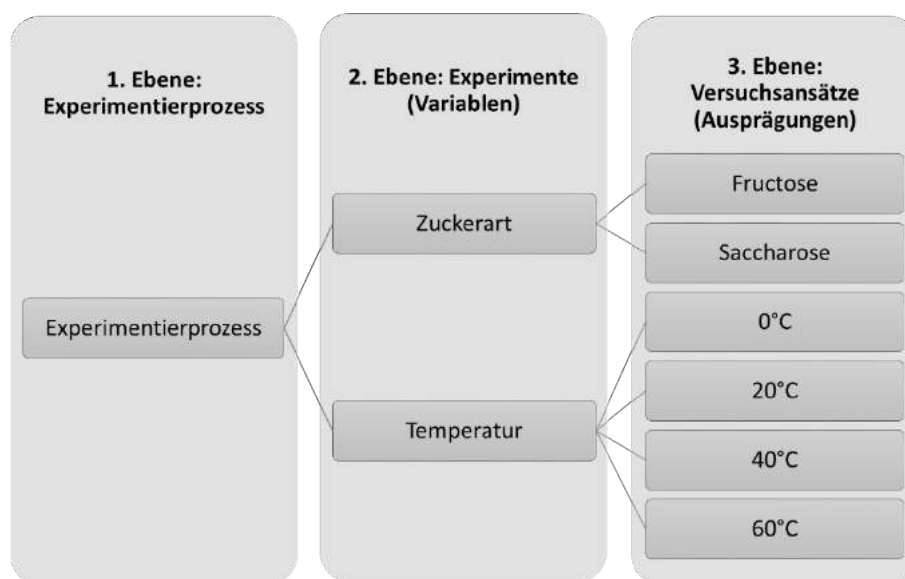


Abbildung 41. Analyseebenen der Experimentierprozesse.

Die Analyse von Prozessmustern erfolgt auf Grundlage der Transkripte und unter Berücksichtigung der Videos. Für die Analyse der Wechsel zwischen Phasen oder Experimenten werden folglich zunächst die kognitiven Aspekte der Experimentierkompetenz analysiert und anschließend um die handlungsbezogenen Aspekte ergänzt.

Wechsel zwischen Experimenten

Die Analyse des Verlaufs der Experimente, also die zeitliche Abfolge der Untersuchung mehrerer Variablen und deren Vernetzung im Experimentierprozess erfolgt auf Grundlage der Wechsel zwischen den durchgeführten Experimenten. Hierfür wird der Verlauf der Experimente der Proband_innen in Form von Codelines visualisiert (Abbildung 42, Seite 117). Abbildung 42a zeigt diese Abfolge von Experimenten im zeitlichen Verlauf des Experimentierprozesses. Die Übergänge von einem Experiment zu einem anderen werden als „Experimentwechsel“ bezeichnet. Innerhalb eines Experiments kann nach dieser Methode auch die Struktur der Untersuchung einzelner Versuchsansätze, also der Ausprägungen der

Variablen innerhalb eines Experiments analysiert werden. Kodierte Einheiten in der Kategorie Experiment 1 in Abbildung 42b beziehen sich auf allgemeine Prozesse, die sich nicht spezifisch auf einen der Versuchsansätze beziehen.

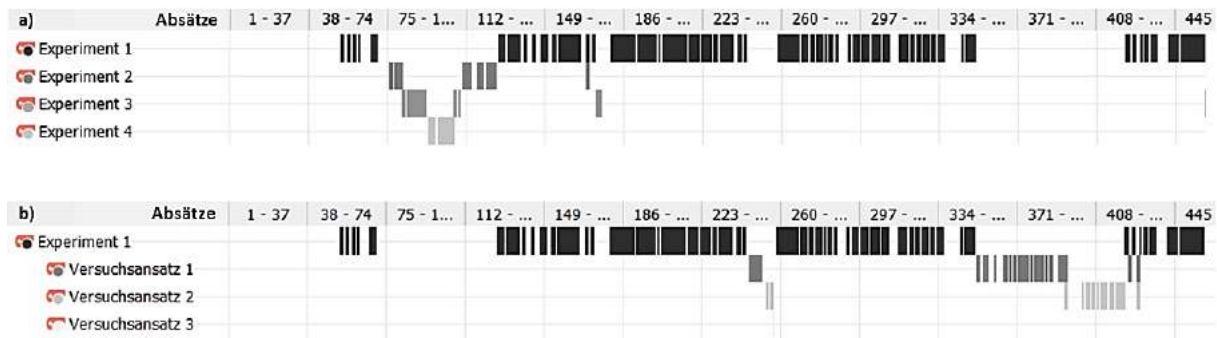


Abbildung 42. Ausschnitt einer Codeline zur Struktur der durchgeführten Experimente a) auf Ebene der Experimente und b) auf Ebene der Versuchsansätze.

In der ersten Zeile ist jeweils die Nummerierung der Absätze im Transkript angegeben; die Balken stellen je einen kodierte Absatz im Transkript dar, die Breite der Balken spiegelt die Länge des Absatzes (Anzahl der Zeichen) wider.

Wechsel zwischen Experimentierphasen

Die Analyse der Prozessstruktur bezüglich der kodierten Einheiten je Phase erfolgt auf Grundlage der Wechsel zwischen den Phasen. Die Zusammenführung der Codelines der Transkripte und Videos ermöglicht es, den Experimentierprozess in seiner Gesamtheit darzulegen. Es werden also die kognitiven Aspekte (Transkripte) mit den handlungsbezogenen Aspekten (Videos) zusammengeführt. Somit werden in dieser Darstellung die beiden wesentlichen Aspekte der Experimentierkompetenz berücksichtigt. Abbildung 43 zeigt den Ausschnitt einer Codeline. Sie umfasst sowohl die kognitiven Aspekte der Transkripte als auch die handlungsbezogenen Aspekte der Videos. Die Übergänge von einer Phase zu einer anderen werden als „Phasenwechsel“ bezeichnet.

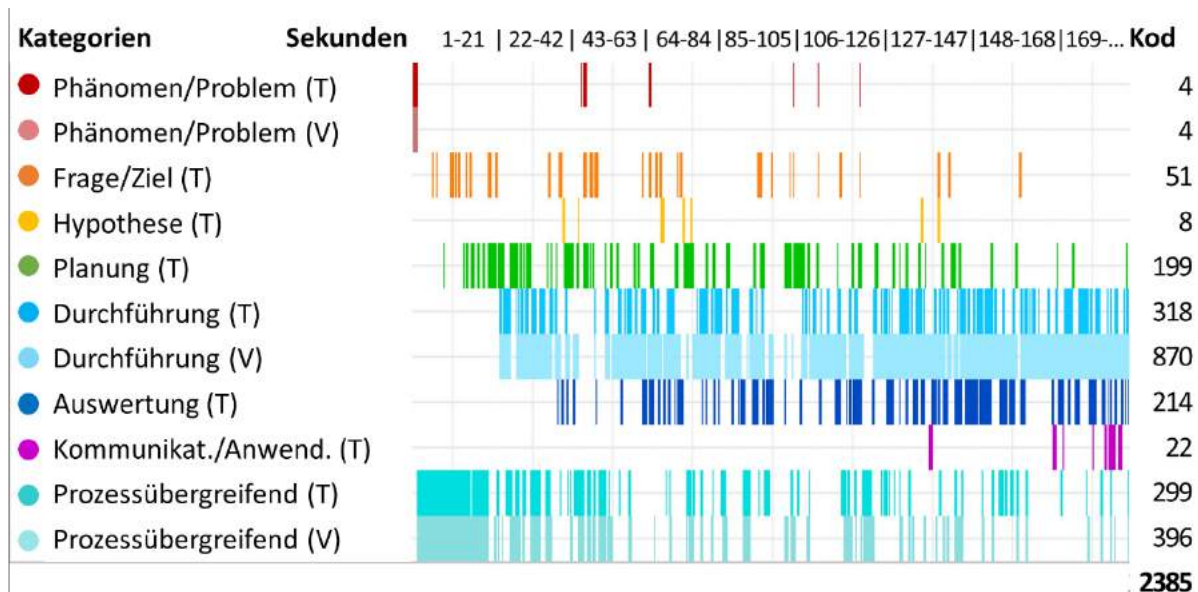


Abbildung 43. Beispielhafte Codeline eines Experimentierprozesses, bezogen auf die Anzahl kodierter Einheiten des Transkriptes (T) und des Videos (V).

In der ersten Zeile ist der zeitliche Verlauf des Experimentierprozesses in Minuten dargestellt. Die in der ersten Spalte aufgeführten Kategorien beziehen sich auf das Transkript (T) und auf das Video (V). Jeder Balken steht für eine kodierte Einheit (3-10 Sekunden) im Video.

Prozessmuster

Für die Analyse und Visualisierung der Prozessmuster in Anlehnung an Arndt (2016) werden Piktogramme der Experimentierprozesse angefertigt. Die Analyse erfolgt auf Grundlage der Experimentwechsel und der Phasenwechsel. Unter Bezugnahme des jeweiligen Transkripts und des Videos wird zunächst ermittelt, welche und wie viele Variablen die_der Proband_in untersucht. In einem Piktogramm werden diese als Experimente in Zeilen und die Experimentierphasen in Spalten überführt. Die Phasen werden mit den entsprechenden Anfangsbuchstaben abgekürzt und durch die Nummer des entsprechenden Experiments ergänzt. Anschließend wird analysiert, inwiefern die_der Proband_in während des Experimentierprozesses zwischen den unterschiedlichen Experimenten und den Experimentierphasen wechselt. Die Wechsel zwischen den Experimentierphasen werden im Piktogramm als waagerechte Pfeile dargestellt, die Wechsel zwischen Experimenten als senkrechte Pfeile. Diagonale Pfeile repräsentieren Wechsel zwischen Experimenten mit gleichzeitigem Übergang zu einer anderen Phase. Mehrfache Wechsel zwischen Experimentierphasen oder Experimenten werden als Doppelpfeile dargestellt (vgl. Abbildung 44). Das Auszählen der Verbindungspfeile ermöglicht eine Quantifizierung der Analyseergebnisse. Die Anzahl der waagerechten Pfeile steht für die Anzahl der Wechsel zwischen den einzelnen Phasen. Die Anzahl der senkrechten Pfeile stellt die Anzahl der Wechsel zwischen den Experimenten dar (vgl. Arndt, 2016).

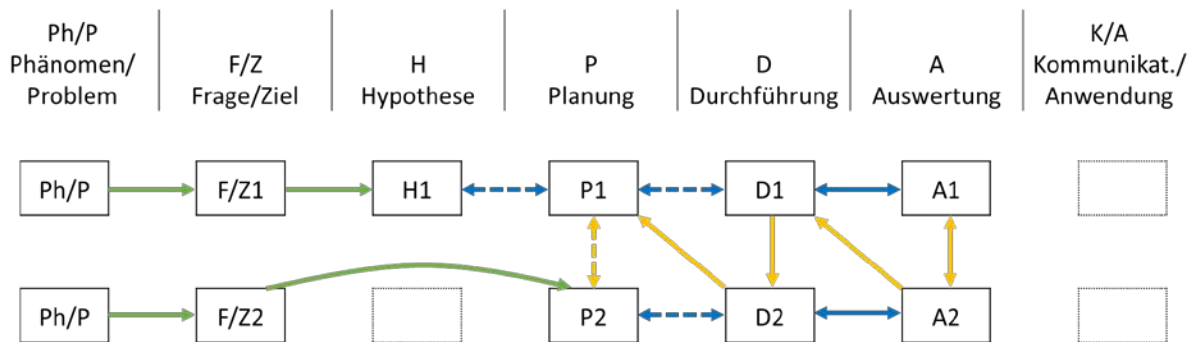


Abbildung 44. Beispielhaftes Piktogramm für einen Experimentierprozess in Anlehnung an Arndt (2016).

a Einfacher, linearer Phasenwechsel

b Einfach oszillierender Phasenwechsel

c Mehrfach oszillierender Phasenwechsel

d Einfacher, linearer Experimentwechsel

e Einfach oszillierender Experimentwechsel

f Mehrfach oszillierender Experimentwechsel

Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung.

In die Analyse der Prozessmuster nach Arndt (2016) gehen die Häufigkeit der Phasen- und Experimentwechsel nicht ein. Bei oszillierenden Wechseln sind die Häufigkeit und die Qualität der Oszillation entsprechend nicht erkennbar. Zudem erfolgt die Analyse der Wechsel nach dieser Analysemethode lediglich auf Ebene der Phasen. Welche Aspekte in diesen Wechseln jeweils eine Rolle spielen und wie die Wechsel zwischen den Aspekten innerhalb einer Phase aussehen, wird hier nicht betrachtet. Daher wird die Analyse nach Arndt (2016) in Bezug auf die oben genannten Merkmale der Qualität und Häufigkeit der Phasenwechsel sowie um die Ebene der Aspekte in der vorliegenden Arbeit erweitert und angepasst (siehe Seite 120, Prozessänderungen, Seite 121, Quantitative Analysen sowie Seite 122, Bewertung des Vernetzungsgrades.).

Wie in Abbildung 44 dargestellt, wird zunächst zwischen einfach und mehrfach oszillierenden Phasen- und Experimentwechseln differenziert. Einfach oszillierende Wechsel (durchgezogene Doppelpfeile, b und d) stellen beispielsweise einen Wechsel von der Planung zur Hypothese und zurück dar. Mehrfach oszillierende Wechsel (gestrichelte Doppelpfeile, c und e) zeigen an, dass dieser Wechsel im Verlauf des Experimentierprozesses mehrmals vorkommt.

Aspekte

Die Analyse der Prozessmuster erfolgt zunächst auf Ebene der Phasen: Ein oszillierender Phasenwechsel stellt lediglich dar, dass zwischen den entsprechenden Phasen gewechselt wird. Welche Aspekte bei diesem Wechsel beteiligt sind, wird in einem weiteren Schritt analysiert. In Hinblick auf die in dieser Arbeit berücksichtigten handlungsbezogenen Aspekte der Experimentierkompetenz erfolgt die qualitative Analyse der Wechsel auf Ebene der Aspekte zwischen den Phasen *Planung* und *Durchführung*.

Zunächst werden die Aspekte der *Planung* und *Durchführung*, wie in Abbildung 45 dargestellt, ihrer Phase entsprechend in zwei Spalten aufgeführt. In diesem Schritt werden zudem die unterschiedlichen Versuchsansätze berücksichtigt und mit einem Kürzel (VA1=Versuchsansatz 1 und VA2=Versuchsansatz 2) versehen. Die Wechsel zwischen den Aspekten sowie zwischen den Versuchsansätzen werden in Anlehnung an die in Kapitel 3.5.1 (Seite 118ff.) beschriebene Methode ebenfalls durch Pfeile symbolisiert. Gelbe Pfeile stellen die Wechsel zwischen den Versuchsansätzen dar, grüne Pfeile symbolisieren Wechsel zwischen den Phasen oder Aspekten innerhalb eines Versuchsansatzes.

Erfolgen Prozesse gleichzeitig für beide Versuchsansätze, werden diese als Wechsel zwischen den Versuchsansätzen gezählt (siehe Abbildung 45, *bestimmt Stammlösung* für Versuchsansatz 1 und Versuchsansatz 2). Das Auszählen der Pfeile lässt auch hier die Quantifizierung der Analyseergebnisse zu und ermöglicht die Zuordnung des jeweiligen Experiments zu einem Prozessmuster nach Arndt (2016).

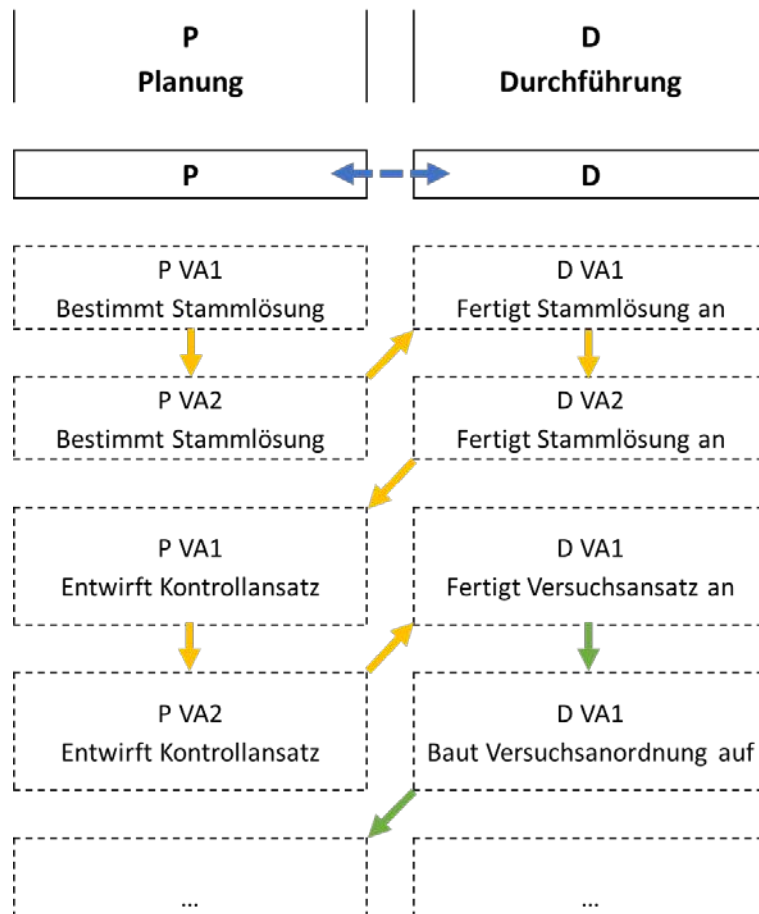


Abbildung 45. Ausschnitt aus einem Prozessmuster auf Ebene der Aspekte.
P=Planung; D=Durchführung; VA1=Versuchsansatz 1; VA2=Versuchsansatz 2.

Prozessänderungen

Die von Arndt (2016) beschriebenen oszillierenden Phasenwechsel verdeutlichen, dass mehrere Wechsel zwischen zwei Phasen stattfinden. Die Qualität der Wechsel bleibt hier unberücksichtigt. Nach Park et al. (2009) können Phasenwechsel unterschiedliche Prozessverläufe nach sich ziehen. Sogenannte „*Loops*“ zeigen an, dass sich das geplante Experiment im weiteren Verlauf nicht ändert. Experimentierprozesse können entsprechend des nicht-linearen Musters (vgl. Abbildung 20, Seite 53) jedoch auch Prozessänderungen aufweisen. Ein ursprünglich geplantes Vorgehen wird entsprechend verändert oder verworfen. Die Analyse dieser Prozessänderungen ermöglicht die Berücksichtigung des von Park et al. (2009) beschriebenen nicht-linearen Prozessmusters. Dies führt zu einer detaillierteren Darstellung der Experimentierprozesse, wie sie Abbildung 46 am Beispiel des ersten Experiments der Proband_in V6 zeigt. Die geschwungenen roten Pfeile stellen jeweils eine Prozessänderung dar. Hier kann den Pfeilen folgend der gesamte Prozess von Beginn bis zum Ende nachvollzogen werden. Die gestrichelten Kästchen geben einen Hinweis auf Aspekte, die im Verlauf des Prozesses wieder verworfen werden.

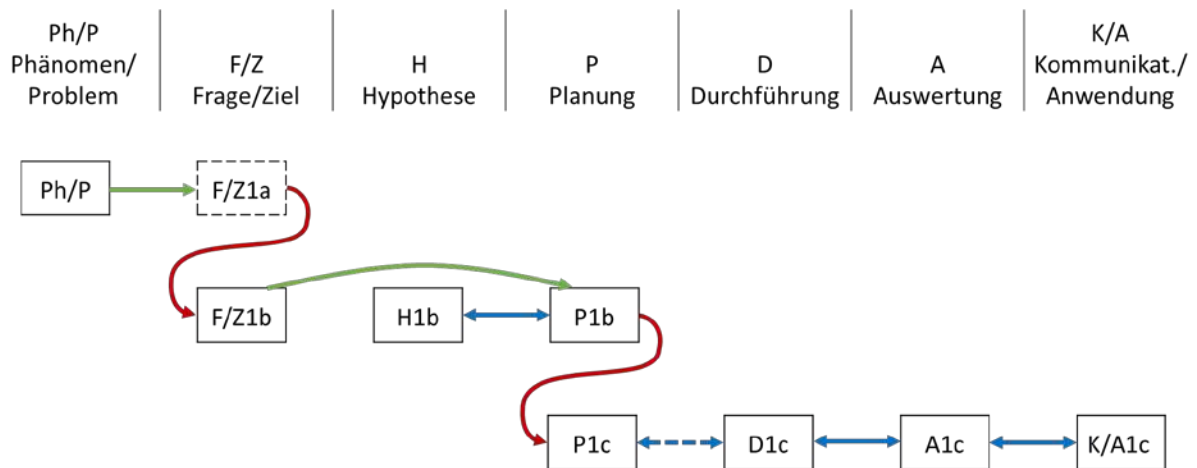


Abbildung 46. Darstellung von Prozessänderungen in einem Experimentierprozess (Proband_in V6).

Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung; Grüne Pfeile=einfache Phasenwechsel; blaue Pfeile=oszillierende Phasenwechsel; blaue gestrichelte Pfeile=mehrfach-oszillierende Phasenwechsel; Rote Pfeile=Richtung einer Prozessänderung; Gestrichelter Rahmen=Phase wurde verworfen; Nummerierung=Nummer der untersuchten Variable (z. B. Zuckerart); Kleinbuchstaben (a, b, c)=Prozessverlauf nach Änderung.

Quantitative Analysen

Vernetzung der Phasen

Die quantitative Auswertung der kodierten Einheiten je Phase sowie der Phasenwechsel ermöglicht die Analyse der Vernetzung zwischen den Phasen. In Anlehnung an Harwood (2004) können die Ergebnisse dieser quantitativen Auswertung in Kreisform visualisiert werden (vgl. Abbildung 47, Seite 122). Vorteil dieser Abbildung ist, dass die Vernetzung einer Phase zu jeder möglichen anderen Phase dargestellt werden kann. Die Abbildung stellt erstens die Anzahl kodierter Einheiten je Phase dar (Größe der Quadrate), zweitens die Art und Struktur der Wechsel zwischen den Phasen (Anzahl und Muster der Linien) und drittens die Häufigkeit der jeweiligen Phasenwechsel (Stärke der Linien). Die Analyse der Phasenwechsel erfolgt mithilfe der Analysesoftware MAXQDA (VERBI Software, 2015b) mit der Funktion „Komplexe Codingsuche/gefollgt von“. Hierbei wird automatisch berechnet, wenn eine bestimmte Phase einer anderen folgt. Die Berechnung erfolgt auf Ebene der Codes.

Die Größe der Symbole für die einzelnen Phasen spiegelt die Anzahl entsprechend kodierter Einheiten wider. Die Berechnung erfolgt mit dem Faktor 0,01. Eine kodierte Einheit entspricht also einem quadratischen Kästchen von 0,01 cm. Die Analyse der Anzahl kodierter Einheiten ermöglicht in diesem Zusammenhang festzustellen, wie häufig sich die_ der entsprechende Proband_in mit der jeweiligen Phase beschäftigt hat, d. h. wie viele Absätze zu der jeweiligen Phase gesprochen wurden.

Die Stärke der Linien visualisiert die Häufigkeit der Wechsel zwischen den entsprechenden Phasen und wird mit einem Faktor von 0,2 berechnet. Ein Phasenwechsel entspricht demnach einer Linienstärke von 0,2 pt (1 pt = 2,833 mm).

Ein idealtypischer Ablauf, welcher der Reihenfolge der Phasen linear folgt, würde dieser Abbildung entsprechend einem Kreis gleichen. Die Vernetzung zwischen nebeneinanderliegenden Phasen wäre dementsprechend sehr stark und diejenigen zwischen den anderen Phasen entsprechend schwach.

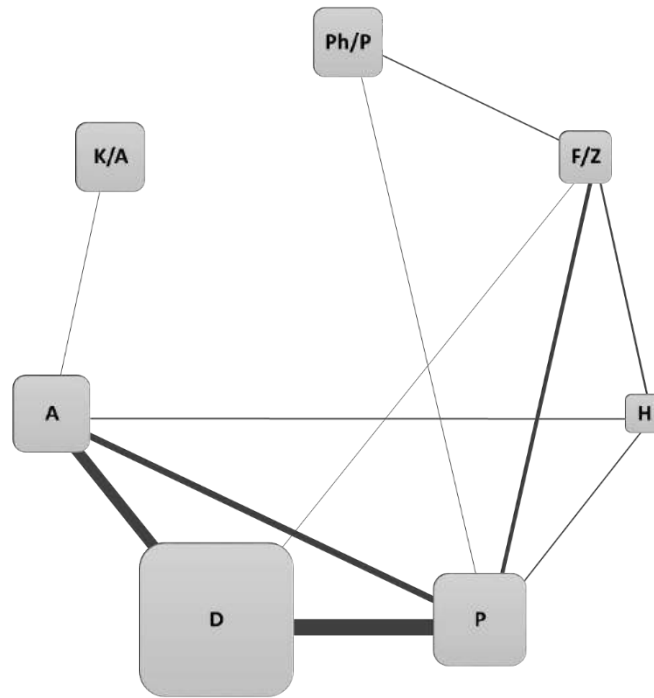


Abbildung 47. Vernetzungsmuster mit Anzahl kodierter Einheiten der Phasen, Vernetzung der Phasen sowie Häufigkeit der Phasenwechsel in einem beispielhaften Experimentierprozess.

Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung; Größe der Quadrate=Anzahl kodierter Einheiten (1 Kodierung=0,015x0,015 mm); Anzahl der Linien=Vernetzung der Phasen; Stärke der Linien=Häufigkeit der Phasenwechsel (1 Wechsel=0,07 pt.).

Der Bewertung des Vernetzungsgrades wird als Referenzgröße die Anzahl aller möglichen Vernetzungen zwischen den Phasen (N=21) zugrunde gelegt. Da zu diesem Forschungsgegenstand noch keine Studien bekannt sind und es entsprechend an Kriterien für die Bewertung des Vernetzungsgrades fehlt, wird in der vorliegenden Studie normativ eine Differenzierung in drei unterschiedliche Vernetzungsgrade vorgenommen. Zu diesem Zweck wird dementsprechend die Summe aller möglichen Vernetzungen durch die Anzahl der differenzierten Vernetzungsgrade (3) dividiert. Damit ergibt sich die in Tabelle 21 aufgeführte intervallskalierte Einteilung.

Tabelle 21. Bewertung des Vernetzungsgrades.

Vernetzungsgrad (extern)	Anzahl der Vernetzungen
hoch vernetzt	15-21
mäßig vernetzt	8-14
gering vernetzt	0-7

Vernetzung der Aspekte

Die quantitative Analyse der Wechsel zwischen den Aspekten der *Planung* und *Durchführung* erfolgt in Anlehnung an deren qualitative Analyse. Zunächst werden, wie in Abbildung 48 beispielhaft dargestellt, die einzelnen Aspekte entsprechend ihrer Phase in eine Spalte aufgenommen. Die Wechsel zwischen den Aspekten werden wie bei der quantitativen Analyse der Phasenwechsel als Linien dargestellt. Die Stärke der Linien (in pt.) spiegelt auch hier die Häufigkeit der Wechsel zwischen den entsprechenden Aspekten wider. Berechnet wird die Stärke der Linien mit einem Faktor von 0,3. Ein Wechsel

entspricht demnach einer Linienstärke von 0,3 pt. Ein idealtypischer Ablauf würde besonders viele und starke Linien zwischen den Aspekten einer Phase aufweisen und vergleichsweise wenig und schwache Linien von den Aspekten der *Planung* zu denen der *Durchführung*.

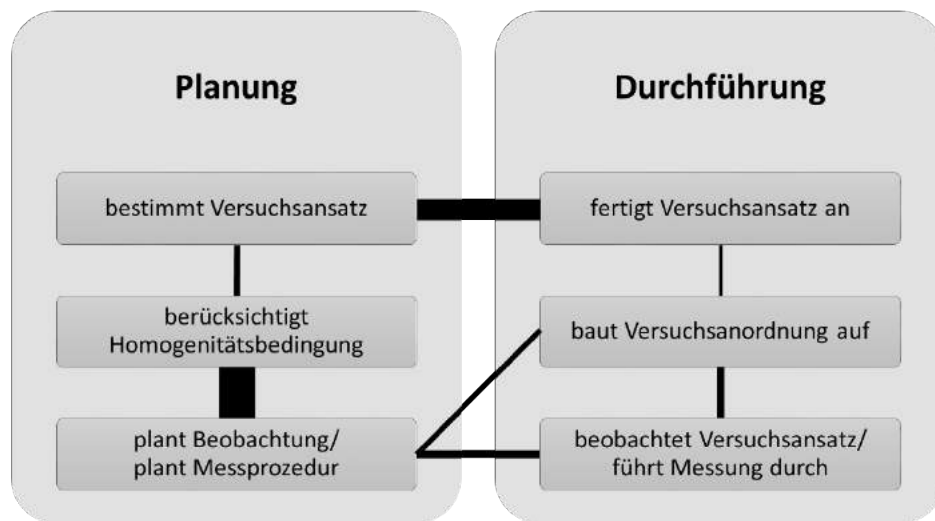


Abbildung 48. Beispielhafte Darstellung der Vernetzung der Aspekte sowie der Häufigkeit der Wechsel zwischen den Aspekten der Planung und Durchführung in einem Experimentierprozess.
Stärke der Linien=Häufigkeit der Wechsel zwischen Aspekten (1 Wechsel=0,3 pt.).

3.5.2 Analyse prozessbezogener Niveaustufen

Die Analyse der Niveaustufen erfolgt auf Basis der entsprechenden Kodierungen. Da es sich bei den Niveaustufen um ordinal skalierte Daten handelt, wird für deren Analyse der Median berechnet. Dieser Lageparameter stellt den mittleren Messwert einer geordneten Datenreihe dar (Karpfinger et al., 2015; Wolf & Best, 2010). Mathematisch lässt sich der Median wie folgt beschreiben:

$$x_{\text{med}} = \begin{cases} x_{(\frac{n+1}{2})} & n \text{ ungerade} \\ \frac{1}{2}(x_{(\frac{n}{2})} + x_{(\frac{n}{2}+1)}) & n \text{ gerade} \end{cases}$$

Bei einer ungeraden Anzahl von Werten (z. B. 1, 1, 3, 4, 6) entspricht der Median demzufolge dem mittleren Datenpunkt (3). Bei einer geraden Anzahl von Werten (1, 3, 4, 6) wird jeweils der Unter- und Obermedian angegeben (3 und 4), oder es wird deren Mittelwert errechnet (3,5). Da das Ausbleiben von Kompetenzaspekten wie beispielsweise das Fehlen einer Hypothese keinen Rückschluss auf die jeweilige Kompetenz zulässt, wird das Niveau X bei der Berechnung der Mediane nicht berücksichtigt.

Für die Analyse der Niveaustufen auf Ebene der Kategorien wird der Median für jede Experimentierphase ermittelt (vgl. Tabelle 22). Anschließend wird der Median für jedes einzelne Experiment errechnet (vgl. Tabelle 23, Seite 124) und zuletzt für den gesamten Experimentierprozess (vgl. Tabelle 24, Seite 125).

Kategorien

Tabelle 22 zeigt beispielhaft die Berechnung des Medianwertes einer Niveaustufe auf Ebene der Kategorien. Hierfür werden die kodierten Niveaustufen aller Teilkategorien (ausgenommen der Niveaustufe X) als eine Datenreihe betrachtet und deren Median errechnet.

Tabelle 22. Berechnung eines Medianwertes auf Ebene der Kategorien am Beispiel der Planungsphase.
Niveau Teilkategorie=kodierte Niveaustufen der einzelnen Teilkategorien; Median Kategorie=errechneter Median für die jeweilige Kategorie.

Kategorie	Teilkategorien	Niveau Teilkategorie	Median Kategorie
Planung	Materialauswahl	3	3
	Variablenidentifizierung	2	
	Variablenbegründung	3	
	Beobachtung/Messung	3	

Experimente

In gleicher Weise erfolgt die Berechnung des Medianwertes für jedes der durchgeführten Experimente. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahlen von Teilkategorien innerhalb der einzelnen Kategorien werden bei der Berechnung des Medianwertes für die einzelnen Experimente die Mediane der einzelnen Phasen zugrunde gelegt. So ergibt sich für das in Tabelle 23 (Seite 124) genannte Beispiel die Niveaustufe 3.

Tabelle 23. Beispielhafte Berechnung eines Medianwertes auf Ebene der Experimente.
Niveau Kategorie=Niveaustufe der jeweiligen Kategorie; Median Kategorie=errechneter Median der jeweiligen Kategorie bei Vorliegen mehrerer Teilkategorien; Median Experiment=errechneter Median für das jeweilige Experiment; Die Niveaustufe X wird bei der Berechnung des Medianwertes nicht berücksichtigt.

Kategorie	Niveau bzw. Median Kategorie	Median Experiment
Phänomen/Problem	3	3
Frage/Ziel	2	
Hypothese	X*	
Planung	3	
Durchführung	3	
Auswertung	2	

Experimentierprozess

Um eine Aussage über die erreichten Niveaustufen der Experimentierprozesse als Ganzheit treffen zu können, wird aus den Medianen der Experimente der Median des Experimentierprozesses errechnet. In dem in Tabelle 24 aufgeführten Beispiel ergibt sich demgemäß die Niveaustufe 2.

Tabelle 24. Beispielhafte Berechnung eines Medianwertes auf Ebene des Experimentierprozesses.

Median Experiment=errechneter Median für die jeweiligen Experimente; *Median Experimentierprozess*=errechneter Median für den jeweiligen Experimentierprozess.

<i>Experiment</i>	<i>Median Experiment</i>	<i>Median Experimentierprozess</i>
<i>Experiment 1</i>	3	2
<i>Experiment 2</i>	1	
<i>Experiment 3</i>	2	

Analyse der Lerngelegenheiten

Die Analyse der institutionellen Lerngelegenheiten erfolgt auf Grundlage des Studienverlaufsplans des Faches Biologie (Humboldt-Universität zu Berlin, 2012). Es werden alle Module des Bachelor of Science mit Biologie im Kern- oder Zweitfach berücksichtigt sowie die dem jeweiligen Semester entsprechenden Module des Master of Education. Im Fall von Wahlmöglichkeiten werden die Studierenden im Interview nach der jeweiligen Belegung der Module befragt.

Die wahrgenommenen Lerngelegenheiten werden auf Grundlage der Interviews analysiert. Die ausgewerteten Kategorien zu den wahrgenommenen Lerngelegenheiten (siehe Anhang 14) umfassen die Quelle und die Art des Vorwissens sowie von Experimentiererfahrungen. Unter *Art des Vorwissens* fallen inhaltliches Vorwissen zum Thema Hefegärung und methodisches Vorwissen zum Experimentieren. Die *Quelle des Vorwissens* und der *Experimentiererfahrungen* umfassen das Studium im Fach Biologie und/oder im zweiten Fach, Schule, Beruf oder Alltag.

4 ERGEBNISSE

Aus der vorliegenden Erhebung resultieren die in Tabelle 25 aufgeführten Datenquellen, welche in die Analyse eingegangen sind. Insgesamt umfassen die Transkripte $N=8.939$ Einheiten; die Dauer der Videos beträgt $N=19:08$ Stunden. Es zeigt sich, dass insbesondere die Transkripte von V7 und V3 verhältnismäßig wenige Absätze ($n=161$ und $n=345$) enthalten, während die Transkripte von V5 ($n=1557$) und V1 ($n=1141$) sowie diejenigen von V9 ($n=969$) und V6 ($n=949$) besonders viele Absätze enthalten. Die Dauer der Experimentierprozesse verhält sich ähnlich zur Anzahl der Absätze. Hier zeigt sich, dass die Prozesse der Proband_innen V7 und V3 vergleichsweise kurz sind ($n=37$ und $n=53$ Minuten); derjenige von V5 ist mit $n=3$ Stunden und 10 Minuten der längste. Nur zwei Proband_innen (V1 und V6) führten Vorversuche durch, indem sie Geräte oder Materialien oder das Gärverhalten der Hefe testeten, ohne jedoch den Einfluss einer konkreten Variable zu untersuchen. Die Anzahl der durchgeführten Experimente liegt zwischen einem (V2 und V5) und fünf (V10) Experimenten. Die Anzahl der kodierten Einheiten im Protokoll variiert stark zwischen einer Einheit (V7 und V3) und $n=29$ Einheiten (V6). Die Anzahl der Kodiereinheiten in den Aufbauskiizen entspricht der Anzahl der durchgeführten Experimente inklusive der Vorversuche.

Tabelle 25. Übersicht über die in die Analyse eingegangenen Datenquellen (Transkripte, Videos, Laborprotokolle und Aufbauskiizen) sowie die Anzahl der ausgeführten Experimente.

<i>Proband_in</i>	<i>Transkript (Absätze/n)</i>	<i>Dauer Vi- deo (hh:mm)</i>	<i>Kodierte Ein- heiten/ Pro- tokoll (n)</i>	<i>Kodierte Einhei- ten/ Aufbauskiize (n)</i>	<i>Vorver-su- che (n)</i>	<i>Experi- mente (n)</i>
V1	1141	01:44	13	2	1	2
V2	780	01:25	11	1	0	1
V3	345	00:53	1	2	0	2
V4	938	01:26	1	3	0	3
V5	1557	03:10	10	1	3	1
V6	949	02:27	29	4	4	3
V7	161	00:37	1	2	0	2
V8	743	02:02	3	4	0	4
V9*	969	02:05	21	2	0	2
V10	676	01:18	6	5	0	5
V11	680	02:01	3	2	0	2
Gesamt	8939	19:08	99	28	8	27
<i>Durchschnitt</i>	813	1:44				
	*zwei weitere Experimente wurden geplant, aber nicht ausgeführt.					

Zuverlässigkeit der Auswertungsinstrumente

Die Ergebnisse zur Zuverlässigkeit der Auswertungsinstrumente beziehen sich auf das *Kodiermanual zur Prozessstruktur*. Die Prüfung der Übereinstimmungsmaße zum Experimentierprozess erfolgte einzeln in Bezug auf jede Datenquelle (Transkripte, Videos und Laborprotokolle).

4 Ergebnisse

Die Beurteiler-Übereinstimmung bezüglich der Einteilung der Transkripte in Sinneinheiten kann mit 98 % als sehr hoch eingeschätzt werden, was bedeutet, dass bei der Transkription die Absätze und somit die Festlegung der zu kodierenden Sinneinheiten in 98 % der Daten von zwei unabhängigen Personen identisch waren.

Die Beurteiler-Übereinstimmung zum Experimentierprozess zeigt in Bezug auf die Transkripte prozentuale Übereinstimmungswerte von 79 % bis 100 % auf Ebene der Kategorien und Teilkategorien; der Kappa-Wert liegt entsprechend zwischen $\kappa = .75$ und $\kappa = .1$. Demzufolge weisen alle Kategorien und Teilkategorien eine sehr hohe Zuverlässigkeit auf. Auf Ebene der Codes wurde für einen Großteil der Codes ($n=89$) ebenfalls eine sehr gute Beurteiler-Übereinstimmung ($k > .75$) erreicht (vgl. Tabelle 13, Seite 82). Bei $n=20$ Codes wurde eine gute Übereinstimmung von $\kappa = .60$ bis $\kappa = .74$ verzeichnet. Drei Codes weisen eine akzeptable Übereinstimmung zwischen $\kappa = .40$ und $\kappa = .59$ auf. In diesen Fällen wurde zusätzlich diskursiv eine Einigung erzielt. Es handelte sich zum Beispiel um die unterschiedliche Einbettung einzelner Absätze in den Bedeutungszusammenhang. Abbildung 49 zeigt die Verteilung der Codes entsprechend ihrer Gütestufe nach Kappa (κ). Eine vollständige Übersicht über die Beurteilerübereinstimmung des Kodiermanuals zum Experimentierprozess auf Codeebene in Bezug auf die Transkripte befindet sich im Anhang 21.

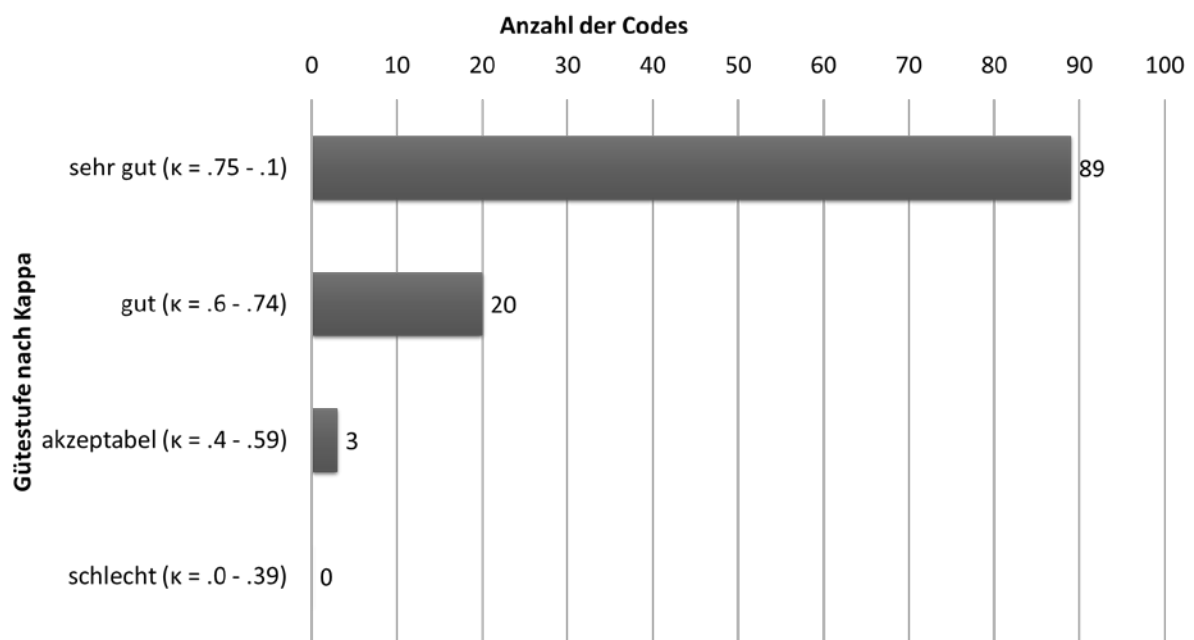


Abbildung 49. Beurteiler-Übereinstimmung der Lautes Denken Protokolle nach Cohens Kappa (Wirtz & Caspar, 2002).

Dargestellt in der Anzahl der Codes ($N=112$) je Gütestufe (k), angegeben in sehr gut, gut, akzeptabel und schlecht.

Die Beurteiler-Übereinstimmung für die Abfolge der Experimente ist mit prozentualen Übereinstimmungswerten auf Codeebene von 74 % und höher beziehungsweise einem Gesamtwert von $\kappa = .89$ als sehr gut zu betrachten (Anhang 21). Die Übereinstimmungswerte bezüglich der Kodierung der Videos ist dem Anhang 22 zu entnehmen. Die Ergebnisse zeigen überwiegend gute bis sehr gute Werte von 77,23 % bis 100 %. Der Kappa-Wert spricht mit $\kappa = .86$ für eine sehr hohe Zuverlässigkeit des Instrumentes in Bezug auf diese Datenquelle. Die Beurteiler-Übereinstimmung für die Laborprotokolle zeigt

Werte zwischen 88,89 % und 100 %. Mit einem Kappa-Wert von $\kappa = .96$ gilt das Instrument demnach als ausreichend zuverlässig.

Da das Manual zur Kodierung der Niveaustufen auf bereits validierten Instrumenten aufbaut, wurden bei dessen Überprüfung keine Übereinstimmungswerte berechnet.

In allen Kodiermanualen und in Bezug auf alle Datenquellen wurden sehr gute Übereinstimmungswerte erreicht. Tabelle 26 gibt einen Überblick über die im Projekt entwickelten Kodiermanuals. Sie zeigt für jedes Manual die Anzahl übereinstimmender und abweichender Kodierungen zwischen den Beurteiler_innen, die Gesamtheit aller Kodierungen sowie die prozentualen Übereinstimmungswerte und den Kappa-Wert. Die entwickelten Kodiermanuals können dementsprechend als ausreichend reliabel bezeichnet werden und sind damit geeignete Instrumente für die hier vorliegende Analyse der Experimentierprozesse.

Tabelle 26. Überblick über die Beurteiler-Übereinstimmung.

Übereinstimmende Kodierungen=Anzahl aller übereinstimmenden Kodierungen der beiden Kodierer_innen; Abweichende Kodierungen=Anzahl aller nicht übereinstimmenden Kodierungen der beiden Kodierer_innen; Kodierungen gesamt=Summe aller Kodierungen der beiden Kodierer_innen; Prozentuale Übereinstimmung=Übereinstimmung der Kodierungen beider Kodierer_innen in Prozent; Kappa=Kappa-Wert bezogen auf alle Kategorien.

<i>Kodiermanual</i>	<i>Übereinstimmende Kodierungen</i>	<i>Abweichende Kodierungen</i>	<i>Kodierungen gesamt</i>	<i>Prozentuale Übereinstimmung</i>	<i>Kappa</i>
<i>Experimentierprozess</i>					
<i>Transkript</i>	1974	318	2292	86	.86
<i>Video</i>	1884	301	2185	86	.86
<i>Laborprotokoll</i>	90	3	93	97	.96

4.1 Beschreibung individueller Prozessstrukturen

Für die Analyse der Prozessstruktur wird zunächst die Ausprägung der einzelnen Phasen, Teilphasen und Aspekte im *Strukturmodell zum Experimentieren* betrachtet. Hierfür werden die Häufigkeit und die Verteilung der kodierten Einheiten auf die entsprechenden Kategorien, Teilkategorien und Codes ausgewertet. Ferner werden die Ergebnisse zu den Phasen- und Experimentwechseln qualitativ sowie quantitativ analysiert.

Anzahl und Verteilung der kodierten Einheiten

Kategorien

Abbildung 50 (Seite 130) gibt einen Überblick über die Gesamtheit der kodierten Einheiten auf Ebene der Kategorien. Hierbei wurden alle Datenquellen berücksichtigt, anhand derer Kodierungen zum Experimentierprozess vorgenommen wurden (Videos, Transkripte und Protokolle). Die kodierten Einheiten umfassen daher die Zeiteinheiten der Videos, die Absätze der Transkripte sowie kodierte Einheiten der Laborprotokolle (siehe Kapitel 3.4, Seite 108).

4 Ergebnisse

Die prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Kategorien weist zunächst darauf hin, dass allen Kategorien des Codesystems und damit des Strukturmodells Daten zugeordnet wurden. Dabei entfällt auf die Kategorie *Durchführung* mit 33 % ein besonders großer Anteil der kodierten Einheiten. Die Kategorien *Frage/Ziel*, *Hypothese* und *Kommunikation/Anwendung* umfassen im Vergleich dazu mit jeweils 1 % nur wenige kodierte Einheiten. Auch die Kategorien *Prozessübergreifend* (20 %) und *Sonstiges* (27 %) beinhalten einen großen Anteil an kodierten Einheiten.

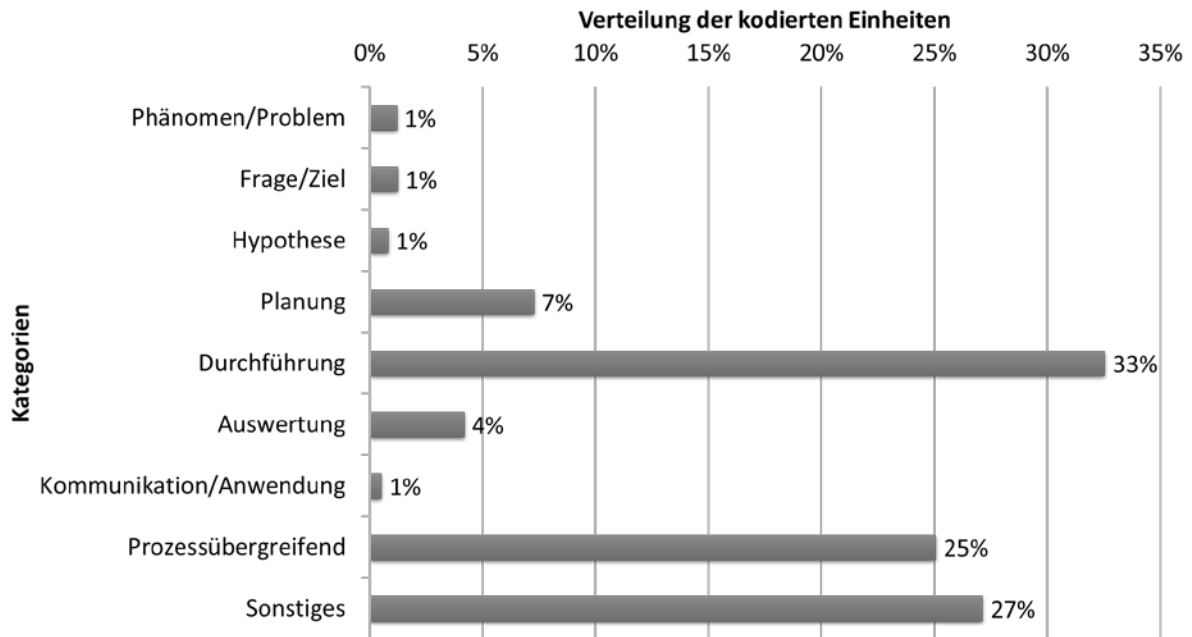


Abbildung 50. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Kategorien im Kategoriensystem (N=18.888).

Datenquellen=Transkripte, Videos und Laborprotokolle.

Für den interindividuellen Vergleich wird für jede_n Proband_in die prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Kategorien in Bezug auf die Gesamtheit der Kodierungen ihres Experimentierprozesses berechnet (Abbildung 51, Seite 131). Es zeigt sich bei dieser Auswertung, dass bei allen Proband_innen die Kategorie *Durchführung* mit 21 % bei V2 bis 44 % bei V10 den größten Anteil der kodierten Einheiten ausmacht, gefolgt von den Kategorien *Planung* und *Auswertung*. Bei der Mehrheit der Proband_innen (10) enthält die Kategorie *Planung* im Vergleich zur *Auswertung* mehr kodierte Einheiten. Die Proband_innen V1 und V5 stellen diesbezüglich Ausnahmen dar; bei V1 enthält die Kategorie *Auswertung* mehr kodierte Einheiten (6 %) als die Kategorie *Planung* (4 %), und bei V5 sind diese gleich verteilt (beide 6 %). Aufgrund der insgesamt geringen Anzahl kodierter Einheiten in den Kategorien *Phänomen/Problem*, *Frage/Ziel* sowie *Hypothese* (zwischen 0 und 4 %) sind hier lediglich geringe Tendenzen im interindividuellen Vergleich sichtbar. Die Proband_innen V1, V2 und V7 weisen vermehrt kodierte Einheiten in der Kategorie *Phänomen/Problem* auf (1 bis 2 %), während bei den Proband_innen V4, V5 und V10 diese Kategorie verhältnismäßig wenig kodierte Einheiten umfasst (0,4 bis 0,6 %). Die Versuchspersonen V4, V5 und V6 weisen mehr kodierte Einheiten in der Kategorie *Frage/Ziel* auf (2 %), während diese Kategorie bei V2, V3 und V9 verhältnismäßig wenig kodierte Einheiten umfasst (0,3 bis 0,5 %). Bezüglich der Kategorie *Hypothese* bestehen deutliche Unterschiede.

Vergleichsweise viele kodierte Einheiten zeigt die_ der Proband_in V9 in dieser Kategorie auf (4 %). Bei vier der Proband_innen (V3, V7, V10 und V11) enthält diese Kategorie keine kodierte Einheiten, und bei V1, V4 und V5 umfasst diese Kategorie eine sehr geringe Anzahl (0,2 %).

Die Unterschiede in der Anzahl kodierter Einheiten in der Kategorie *Auswertung* zeigt ebenfalls geringe Unterschiede, da auch diese Phase insgesamt vergleichsweise wenig kodierte Einheiten enthält. Mit 6 bis 7 % der kodierten Einheiten in dieser Kategorie weisen die Proband_innen V1, V2 und V5 die meisten auf, während bei den Proband_innen V3, V10 und V11 mit 1 bis 2 % im Verhältnis eher wenige Einheiten in diese Kategorie kodiert wurden. Die Kategorie *Kommunikation/Anwendung* zeigt bei vier Proband_innen (V3, V7, V8 und V10) keine kodierte Einheiten und schwankt insgesamt lediglich zwischen 0,1 (V2 und V4) und 1,5 % (V9).

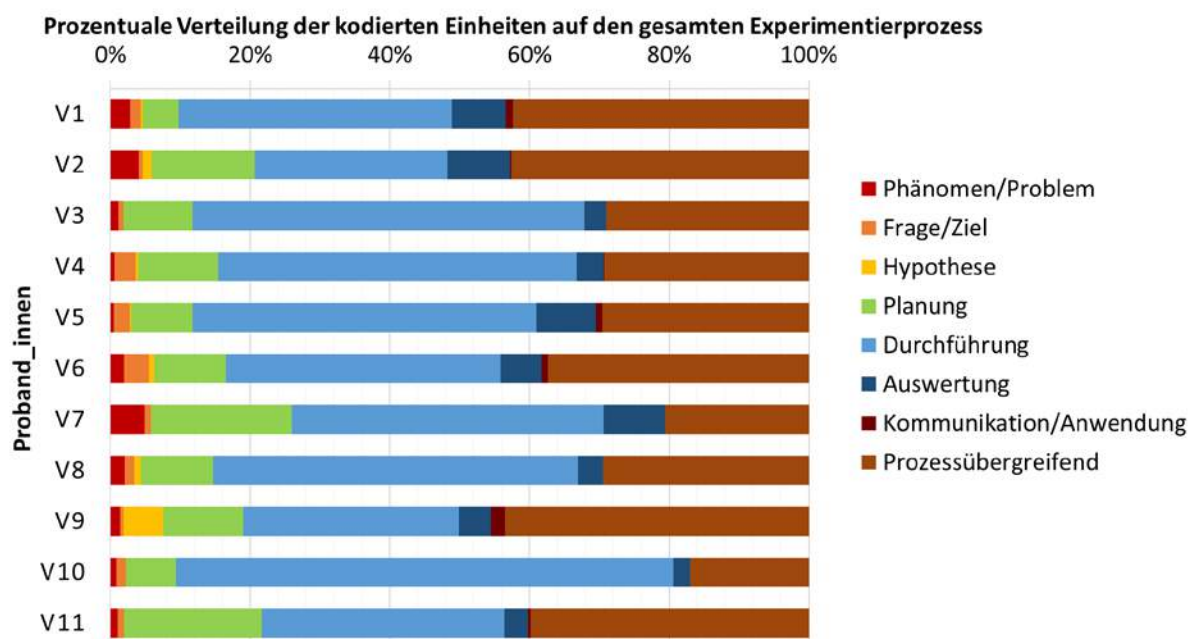


Abbildung 51. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten aller Proband_innen auf Ebene der Kategorien (N=18.888).

In Bezug auf den gesamten Experimentierprozess, V1-V11=Proband_in 1-11; rot=Phänomen/Problem; orange=Frage/Ziel; gelb=Hypothese; grün=Planung; hellblau=Durchführung; dunkelblau=Auswertung; violett=Kommunikation/Anwendung; braun=Prozessübergreifend.

Teilkategorien

Abbildung 52 (Seite 132) stellt die prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Teilkategorien der *Durchführung* (a) und der *Auswertung* (b) dar. In der Kategorie *Durchführung* zeigt sich, dass ein großer Teil der Daten mit der Teilkategorie *Vorbereitung des Experiments* kodiert wurde: 67 % aller kodierten Einheiten der Kategorie *Durchführung* fallen darunter. Dagegen beinhaltet die Teilkategorie *Daten sammeln* mit 2 % einen geringen Anteil an kodierten Einheiten.

Der intraindividuelle Vergleich (vgl. Abbildung 51 sowie Anhang 26) zeigt, dass insbesondere die Proband_innen V7 und V9 dieses Verhältnis vorweisen, bei denen die Teilkategorie *Experiment vorbereiten* über 80 % der kodierten Einheiten der *Durchführung* ausmacht. Im Gegensatz dazu beinhaltet die Kategorie *Daten sammeln* bei den Proband_innen V2 und V5 mehr als die Hälfte der kodierten Einheiten dieser Kategorie.

4 Ergebnisse

Auffallend ist, dass in der Kategorie *Auswertung* insbesondere die Teilkategorie *Evaluation* beobachtet wurde (59 %), während der *Rückbezug auf die Hypothese* mit 5 % nur einen sehr geringen Teil an kodierten Einheiten ausmacht.

Im intraindividuellen Vergleich zeigen insbesondere V6 und V2 viele kodierte Einheiten in der Teilkategorie *Analyse* (vgl. Abbildung 51 sowie Anhang 26). Bei fünf Proband_innen (V10, V7, V5, V4 und V3) enthält diese Kategorie keine kodierten Einheiten. Die *Interpretation* ist besonders bei V10 und V7 ausgeprägt (50 bis 78 %), während V5 und V9 hier vergleichsweise wenig kodierte Einheiten aufweisen (8 bis 10 %). Die Teilkategorie *Evaluation* zeigt insbesondere bei V5 einen großen Anteil an kodierten Einheiten (fast 90 %); bei den Proband_innen V6 und V7 ist diese Kategorie dagegen wenig ausgeprägt (unter 20 %). Der prozentuale Anteil der kodierten Einheiten in der Kategorie *Hypothesenbezug* liegt fast ausschließlich zwischen 0 (bei V10, V3 und V1) und unter 10 %. Die der Proband_in V9 stellt hier mit 18 % der kodierten Einheiten eine Ausnahme dar.

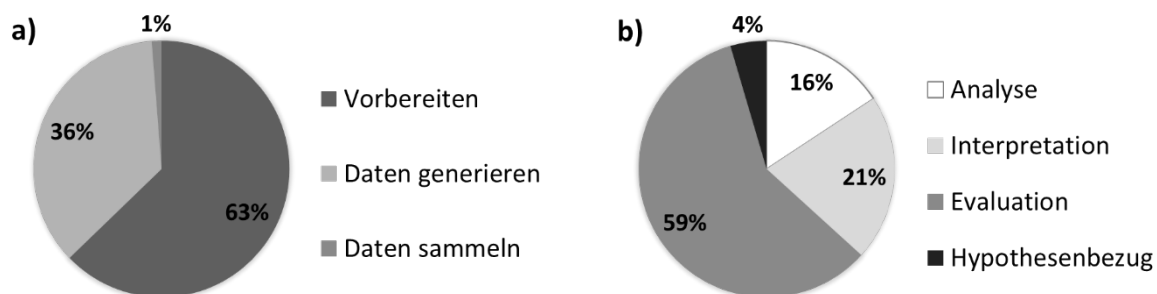


Abbildung 52. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Teilkategorien der (a) Durchführung (N=6147) und der (b) Auswertung (N=792).

a) dunkelgrau=Vorbereiten; hellgrau=Daten generieren; mittelgrau=Daten sammeln;

b) weiß=Analyse; Hellgrau=Interpretation; grau=Evaluation; schwarz=Hypothesenbezug.

Teilkategorien Prozessübergreifend

Bei der Betrachtung der Kategorie *Prozessübergreifend* (Abbildung 53, Seite 133) zeigt sich, dass besonders häufig in den Code *recherchiert* kodiert wurde (34 %). Sehr selten wendeten die Proband_innen Mathematik an (1 %). In Bezug auf diese Teilkategorie zeigen sich deutliche interindividuelle Unterschiede (vgl. Abbildung 51 sowie Anhang 26). In dem Code *analysiert Experimentierumgebung* weisen insbesondere die Versuchspersonen V4 und V10 einen hohen prozentualen Anteil an kodierten Einheiten auf (65 % und 46 %), während V11 und V2 lediglich 6 beziehungsweise 8 Prozent der kodierten Einheiten in diesem Code aufweisen. Bei V1 entfällt eine große Anzahl an kodierten Einheiten (54 %) auf die Teilkategorie *recherchiert*, wohingegen bei V10 lediglich 12 % der kodierten Einheiten auf diesen Code fallen. Bei dem Code *protokolliert* reicht die Anzahl der kodierten Einheiten von 4 % (V4) bis 41 % (V6). In Bezug auf den Code *wendet Mathematik an* zeigen sich ebenfalls Unterschiede: Die prozentuale Verteilung zeigt hier überwiegend Werte zwischen 0 % und 1 %, lediglich die Proband_innen V5 (3 %), V6 und V9 (2 %) zeigen einen größeren Anteil an kodierten Einheiten in diesem Code. Insgesamt wurden jedoch nur wenige Einheiten mit diesem Code kodiert. Beim *Umgang mit Fehlern/Problemen* zeigen sich Werte von 5 % (V7) bis 39 % (V11).

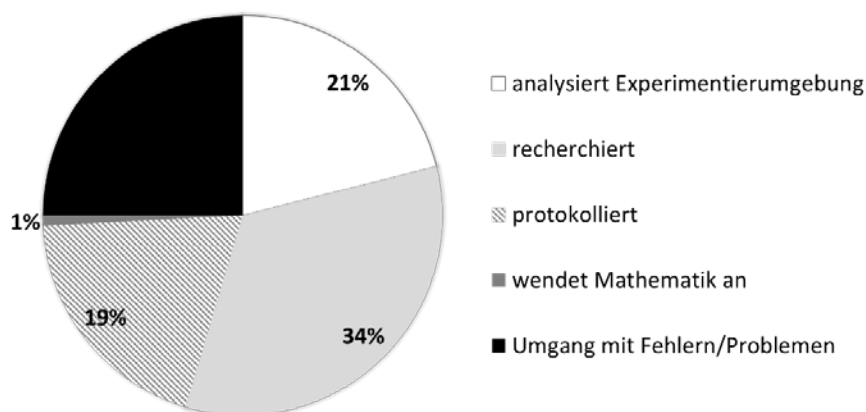


Abbildung 53. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Teilkategorien der prozessübergreifenden Kategorie (N=4732).

Weiß=analysiert Experimentierumgebung; hellgrau=recherchiert; gestreift=protokolliert; dunkelgrau=wendet Mathematik an; schwarz=Umgang mit Fehlern/Problemen.

Die Kategorie *Kommunikation/Anwendung* beinhaltet vergleichsweise wenig kodierte Einheiten. Diese befinden sich bis auf eine Ausnahme in der Teilkategorie *Anwendung* (siehe Anhang 25).

Die detaillierte Analyse der Teilkategorie *recherchiert* (Abbildung 54) zeigt, dass in 70 % der kodierten Einheiten eine Informationsquelle wie zum Beispiel die in der Experimentierumgebung enthaltenen Sachinformationen zur Hefegärung herangezogen wurden.

V: „Dann lese ich mir erst mal den Text durch“ (V2 Transkript, Abs. 32).

V: „Naja, mal gucken, was jetzt hier so steht (.), Sachinformationen, na ich glaube, die brauche ich“ (V5 Transkript, Abs. 9).

Das Heranziehen eigener Aufzeichnungen umfasst 14 % der kodierten Einheiten.

V: „Ja (...) also zu der Zeit jetzt (.) hatte sich bei dem anderen, also bei der äh (..) Frischhefe (.) äh, hatten sich schon drei Milliliter gebildet“ (V5 Transkript, Abs. 1290).

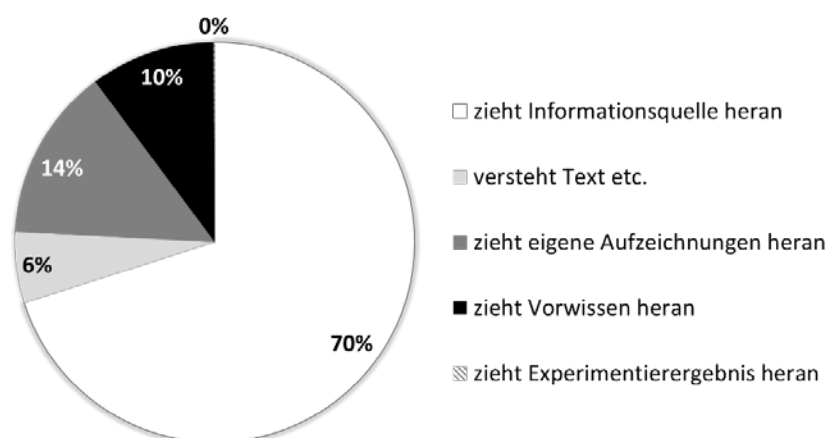


Abbildung 54. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Codes der Teilkategorie „recherchiert“ (N=1488).

Weiß=zieht Informationsquelle heran; hellgrau=versteht Text etc.; dunkelgrau=zieht eigene Aufzeichnungen heran; schwarz=zieht Vorwissen heran; gestreift=zieht Experimentierergebnis heran.

4 Ergebnisse

Die Betrachtung des Aspektes *Umgang mit Fehlern/Problemen* (Abbildung 55, Seite 134) gibt Aufschluss über die Art der vorkommenden Probleme. Hier wird deutlich, dass mit 63 % am häufigsten Verfahrensprobleme auftraten, welche die Handhabung der Materialien wie beispielsweise der Umgang mit dem Gärungssaccharometer umfasst.

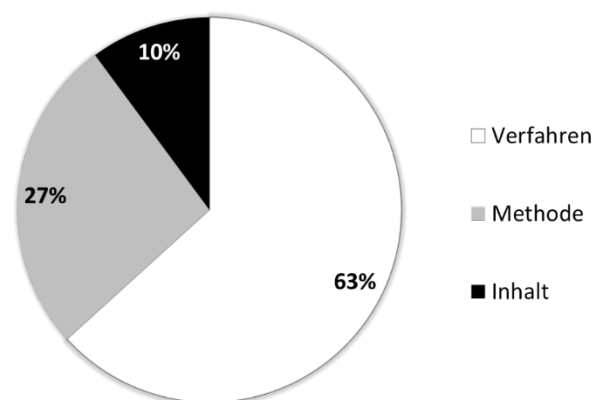


Abbildung 55. Prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten auf die Codes der Teilkategorie „Umgang mit Fehlern/Problemen“ (N=1182).

Weiß=Verfahren; grau=Methode; schwarz=Inhalt.

Teilkategorien Sonstiges

Alle in die Kategorie *Sonstiges* kodierten Einheiten wurden kategorisiert und können zu den in Tabelle 27 aufgeführten Codes zusammengefasst werden. Der Vergleich der Datenquellen (Transkripte und Videos) zeigt, dass die Videodaten lediglich in die Kategorien *nicht zuordenbar* und *säubert/räumt auf* kodiert wurden. Unter *nicht zuordenbar* fallen alle Zeiteinheiten, in denen keine Handlungen ausgeführt werden, d. h., die der Proband_in war bewegungslos oder gestikulierte ohne eine konkrete, zielgerichtete Handlung auszuführen (n=974 kodierte Einheiten). Der zweite Code, mit dem die Videos vermehrt kodiert wurden, ist der Aspekt des *Säuberns und Aufräumens* von Materialien (n=245 kodierte Einheiten).

Die Transkripte zeigen eine besonders hohe Anzahl von kodierten Einheiten in der Kategorie *kein Lautes Denken* (n=2859). Diese umfasst alle Absätze, die eine Pause von mehr als 3 Sekunden beinhalten. Auch die Kategorie *nicht zuordenbar* wurde vermehrt kodiert (n=763). Sie bezieht sich auf Absätze, die keine Informationen enthalten und/oder nicht aus dem Kontext erschlossen werden können. Hierunter fallen zum Beispiel Aussagen wie „so“, „aha“ oder „naja“.

Tabelle 27. Anzahl der kodierten Einheiten (Transkripte und Videos) in der Kategorie *Sonstiges* (N=5125) sowie deren prozentualer Anteil an der Gesamtheit aller kodierten Einheiten (N=18.888).

Kategorie Sonstiges	Videos	Transkripte	Anteil (%)*
<i>Nicht zuordenbar</i>	974	763	9 %
<i>Kein Lautes Denken</i>	0	2859	15 %
<i>Andere Aspekte</i>			2 %
<i>Kommentiert Prozess</i>	0	96	
<i>Säubert/räumt auf</i>	245	44	
<i>Bemerkungen zum Lauten Denken</i>	0	24	
<i>Bemerkungen zur Aufgabenbearbeitung</i>	0	12	
<i>Schulkontext</i>	0	18	
<i>Alltagskontext</i>	0	16	
SUMME	1219	3832	27 %

Die prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten in der Kategorie *Sonstiges* (27 %) im Vergleich zur Gesamtheit aller kodierten Einheiten zeigt, dass 9 % nicht zugeordnet werden konnten. 15 % fallen unter *kein Lautes Denken* und umfassen damit Sprechpausen der Proband_innen. 2 % der kodierten Einheiten betreffen Aspekte, die mit dem *Strukturmodell zum Experimentieren* nicht abgebildet werden.

Aspekte

Bei der Analyse der Anzahl an kodierten Einheiten je Code (Anhang 25) fällt auf, dass einige Codes verhältnismäßig viele kodierte Einheiten enthalten, andere enthalten dagegen wenige oder gar keine kodierten Einheiten. Die Bewertung der Anzahl kodierter Einheiten basiert auf der durchschnittlichen Anzahl von Kodierungen. Abbildung 56 zeigt die Anzahl der Codes je Phase in Bezug auf die Anzahl der enthaltenen kodierten Einheiten. Die Verteilung der kodierten Einheiten in der Kategorie *Phänomen/Problem* zeigt, dass drei von insgesamt sechs Codes keine kodierten Einheiten enthalten. In der Kategorie *Durchführung* und *Prozessübergreifend* umfassen viele der Codes (N=9 von 13) eine hohe Anzahl an kodierten Einheiten. Dagegen weisen die Mehrzahl der Codes (n=9 von 16) in der Phase *Kommunikation/Anwendung* keine kodierten Einheiten auf.

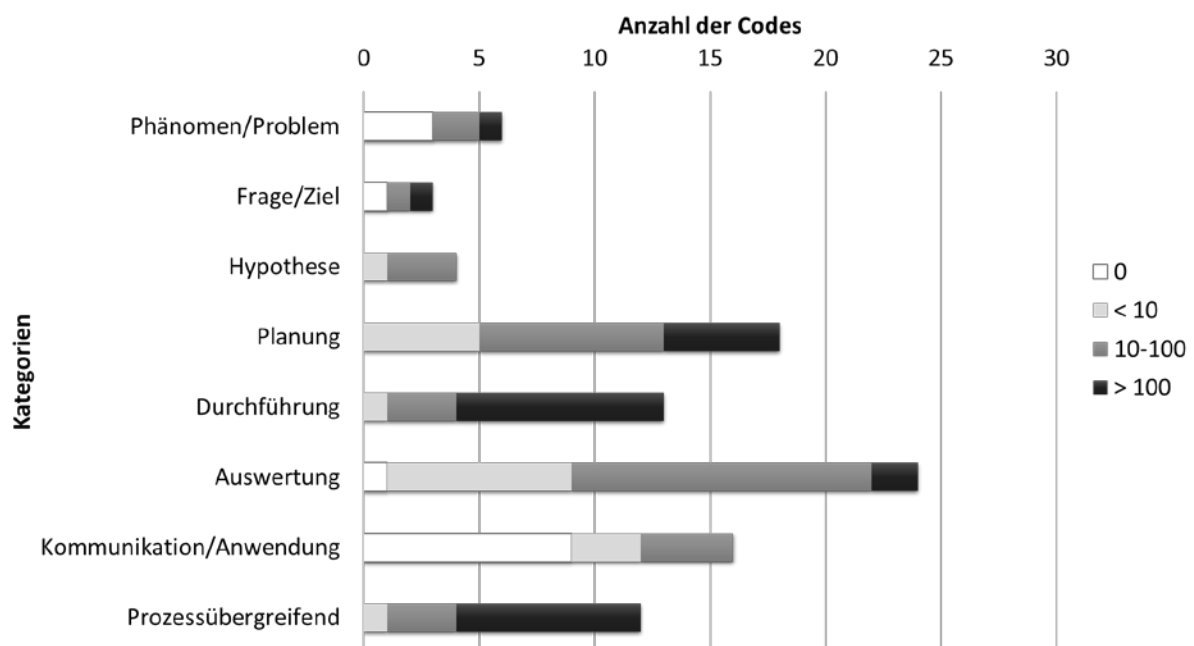


Abbildung 56. Anzahl der Codes je Kategorie in Bezug auf die Anzahl kodierter Einheiten (N=96).

Weiß [0]=Code enthält keine kodierten Einheiten; hellgrau [<10]=Code enthält weniger als 10 kodierte Einheiten; dunkelgrau [10-100]=Code enthält zwischen 10 und 100 kodierte Einheiten; schwarz [>100]=Code enthält mehr als 100 kodierte Einheiten.

Phasenwechsel

Die Auswertung der Reihenfolge, in welcher die einzelnen Experimentierphasen durchlaufen werden, ermöglicht die Analyse der Phasenwechsel (vgl. Kapitel 4.1, Seite 135). Abbildung 57 (Seite 137) visualisiert am Beispiel des Experimentierprozesses von V5 die Wechsel zwischen den Experimentierphasen

4 Ergebnisse

in Form einer Codeline, welche den zeitlichen Verlauf der kodierten Einheiten zum Experimentierprozess darstellt. Die Kategorien sind in den Zeilen dargestellt. Die Balken stehen für den zeitlichen Abschnitt einer kodierten Einheit, wobei die Breite der Balken die Zeit in Sekunden angibt, aus dem Transkript (T) und dem Video (V). Um die zeitliche Abfolge des Experimentierprozesses zu visualisieren und die kodierten Einheiten der Videos und Transkripte vergleichen zu können, wurden die kodierten Einheiten der Transkripte in dieser Darstellung in das Videodokument übertragen.

Die Experimentierphasen, welche vorwiegend kognitive Aspekte der Experimentierkompetenz enthalten (*Phänomen/Problem, Frage/Ziel, Hypothese, Planung* und *Kommunikation/Anwendung*), beinhalten fast ausschließlich kodierte Einheiten der Transkripte; lediglich die Beobachtung des Phänomens ist auch in den Videos erkennbar.

Die Abfolge der Experimentierphasen zeigt in allen Experimentierprozessen wiederholte Wechsel, die teilweise auch phasenübergreifend über mehrere Phasen hinweg verlaufen (beispielsweise von der Phase *Frage/Ziel* zur *Planung*). Die Phase der *Durchführung* erstreckt sich in allen Experimentierprozessen über einen langen Zeitraum im Experimentierprozess und verläuft oft parallel zu anderen Phasen im Experiment (Abbildung 43, Seite 118), was insbesondere in den Videos erkennbar ist. Aspekte der *Durchführungsphase* zeigen sich nicht nur in den Videos, sondern werden auch in den Transkripten deutlich. Dabei wird in der Vorbereitungsphase des Experiments vorrangig expliziert, welche Handlungen durchgeführt werden.

V: „Also, dann wiege ich das jetzt hier mal ab“ (V5 Transkript, Abs. 222).

In der Teilphase *Daten generieren* werden vornehmlich Beobachtungen beschrieben.

V: „Es hat sich immer noch nicht so viel getan (...). Es sind jetzt fünf, fünfeinhalb Minuten oder ein bisschen mehr“ (V5 Transkript, Abs. 397-398).

Kodierte Einheiten des Aspektes *Daten sammeln* in den Transkripten beziehen sich wie auch bei der Vorbereitung des Experiments vorwiegend auf Explikationen von Handlungen.

V: „Na gut, dann schreibe ich mir jetzt mal auf, 32 Minuten“ (V5 Transkript, Abs. 617).

Auch prozessübergreifende Aspekte verlaufen über lange Zeitabschnitte hinweg parallel zu anderen Phasen. Dabei werden insbesondere die in der Experimentierumgebung enthaltenden Informationsquellen herangezogen.

V: „Mal gucken, was jetzt hier noch so steht. Jetzt wird das so ein bisschen näher erläutert mit der Gärung und der Atmung“ (V5 Transkript, Abs. 16).

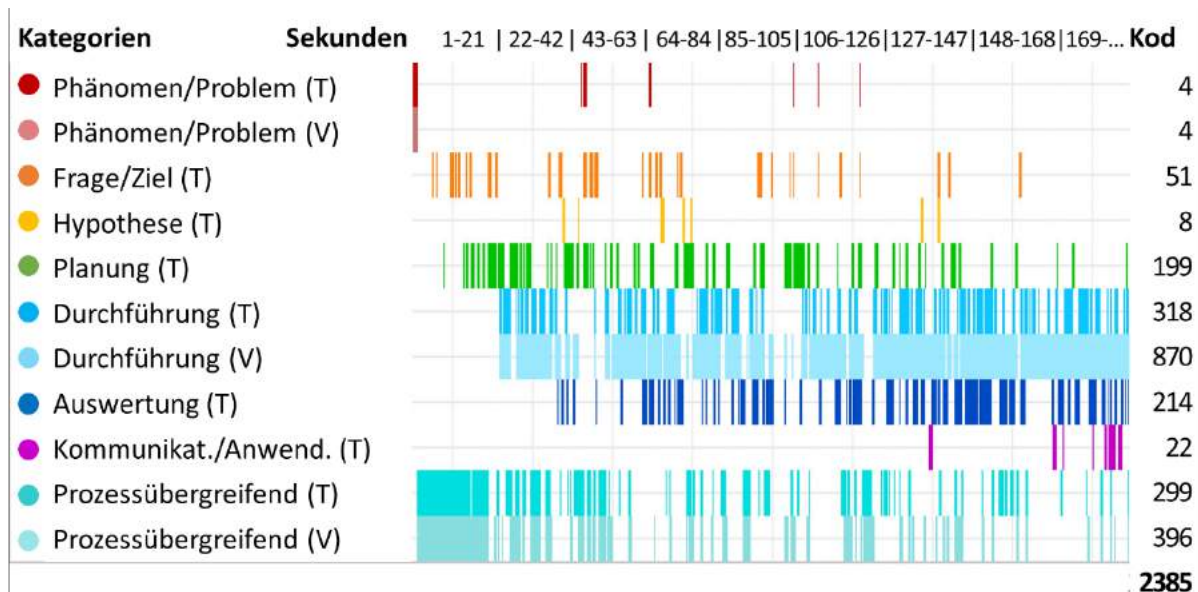


Abbildung 57. Codeline des Experimentierprozesses von V5 inklusive kodierter Einheiten des Transkriptes (T) und des Videos (V).

Kod=Anzahl kodierter Einheiten; N=2385.

Die Analyse der Richtung der Phasenwechsel wird beispielhaft am Experimentierprozess der__{des} Proband_in V4 in Abbildung 58 dargestellt. Im Anhang 28 befindet sich eine Übersicht über die Prozessmuster aller Experimentierprozesse. Die Spalten spiegeln jeweils eine Phase im Experiment wider, in den Zeilen sind die unterschiedlichen Experimente (n=1-3) dargestellt. Alle Experimentierprozesse zeigen vorwärts und rückwärts gerichtete Wechsel. Hierbei wird entweder direkt zu einer angrenzenden Phase gewechselt, oder es werden eine oder mehrere Phasen übersprungen. Außerdem finden neben diesen einfachen Wechseln auch oszillierende Phasenwechsel statt, welche von einer Phase zu einer anderen und wieder zurück verlaufen (Doppelpfeile). Bei mehrfachen Wechseln zwischen zwei Phasen wird von mehrfach oszillierenden Wechseln gesprochen (gestrichelte Doppelpfeile). Die Analyse dieser Phasenwechsel in Bezug auf alle Experimentierprozesse zeigt, dass die oszillierenden Phasenwechsel am häufigsten auftreten (n=95 von 145 Phasenwechseln). Hierbei wird meistens zwischen zwei nebeneinanderliegenden Phasen gewechselt, insbesondere zwischen der *Planung* und der *Durchführung*. Von den insgesamt 36 Wechseln zwischen *Planung* und *Durchführung* sind n=33 mehrfach-oszillierende Phasenwechsel.

4 Ergebnisse

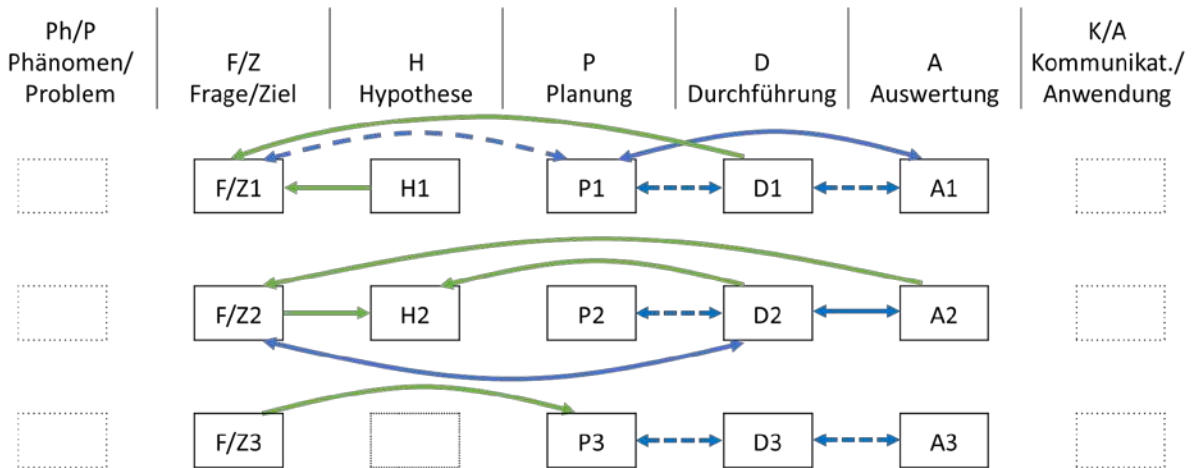


Abbildung 58. Phasenwechsel im Experimentierprozess der/des Proband_in V4.

Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung; Grüne Pfeile=einfache Phasenwechsel (vorwärts- und rückwärtsgerichtet); blaue Doppelpfeile=einfach-oszillierende Phasenwechsel; gestrichelte blaue Doppelpfeile=mehrfach oszillierende Phasenwechsel.

Experimentwechsel

Unter Experimentwechsel werden die Wechsel zwischen zwei oder mehr durchgeführten Experimenten, d. h. deren zeitliche Abfolge innerhalb des Experimentierprozesses verstanden (vgl. Kapitel 3.5.1, Seite 116).

Abbildung 59 verdeutlicht diese Experimentwechsel dargestellt in einer Codeline aus dem Experimentierprozess von V6. Diese visualisiert den zeitlichen Ablauf des Experimentierprozesses auf der Basis der Absätze im Transkript. Die Balken stehen für die Kodierungen der Absätze bezüglich des ersten, zweiten oder dritten Experiments. Ein Balken entspricht der Kodierung eines Absatzes unter Berücksichtigung von dessen Länge (Anzahl der Zeichen). Mit Ausnahme von V7 sind bei allen Proband_innen häufige Wechsel zwischen den Experimenten erkennbar, sofern mehrere durchgeführt wurden. Diese Wechsel nehmen häufig gegen Ende der Experimentierprozesse zu. Die Experimente werden demzufolge nicht systematisch nacheinander durchgeführt, vielmehr verlaufen die Prozesse ab Beginn eines neuen Experiments parallel zu den vorhergehenden Experimenten. Dieser Trend ist besonders bei den Proband_innen V4, V6 und V8 zu erkennen (siehe Anhang 27).

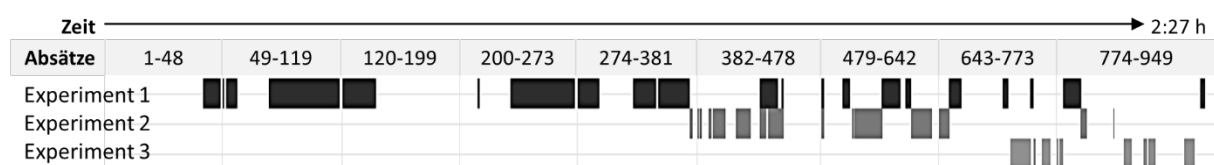


Abbildung 59. Zeitliche Abfolge der drei Experimente innerhalb des Experimentierprozesses von V6.

Abbildung 60 (Seite 139) zeigt die Wechsel zwischen den Experimenten im Experimentierprozess von V6 in Form von Pfeilen. Es handelt sich bei den dargestellten Wechseln entweder um reine Experimentwechsel zur gleichen Phase eines anderen Experiments (senkrechte Pfeile), oder um Experimentwechsel mit gleichzeitigem Übergang zu einer anderen Phase (diagonale Pfeile). Bei dem Vergleich aller Experimentierprozesse (Anhang 28) wird deutlich, dass die Experimentwechsel innerhalb einer Phase überwiegend einfach oder mehrfach oszillierend sind und zwischen zwei aufeinanderfolgenden

Experimenten verlaufen (n=25 von 89 Experimentwechseln). Außerdem wird in vielen Experimentierprozessen zu einer anderen Phase eines vorhergehenden Experiments gewechselt (n=10 von 89 Wechseln).

Es zeigt sich, dass die meisten Wechsel (39 %) in der Phase der *Durchführung* initiiert wurden. Von hier aus wurde entsprechend am häufigsten zu einem anderen Experiment gewechselt. 22 % der Experimentwechsel gehen von der Auswertung und 18 % der Wechsel von der Planung aus zu einem anderen Experiment. Diese Tendenz ist insbesondere bei Experimentierprozessen mit mehr als zwei Experimenten erkennbar, wie diejenigen von V6 (n=3 Experimente), V8 (n=4 Experimente) und V10 (n=5 Experimente). Eine Ausnahme stellt der Experimentierprozess von V9 dar, in dem viele Experimentwechsel von der Hypothese aus initiiert wurden. Außerdem führten Experimentwechsel, die in einer anderen Phase als der *Durchführung* initiiert wurden, in vielen Fällen zur Phase der *Durchführung* eines anderen Experiments.

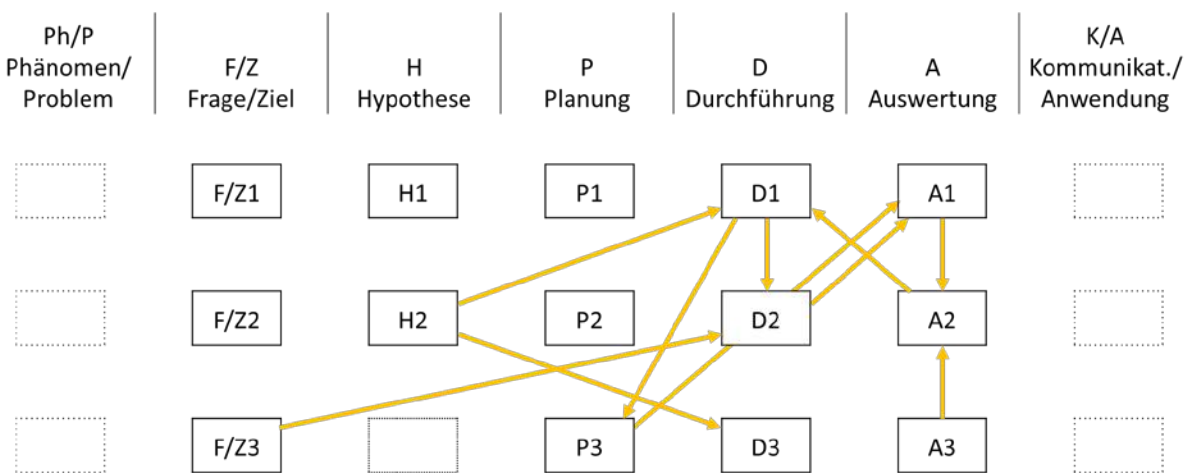


Abbildung 60. Experimentwechsel im Experimentierprozess der des Proband in V4.

Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung; Gelbe Pfeile=Wechsel zwischen Experimenten.

Prozessmuster der Phasen- und Experimentwechsel

Die Verknüpfung der Phasen- und Experimentwechsel innerhalb der Experimentierprozesse (vgl. Kapitel 3.5.1, Seite 118ff.) erlaubt deren Beschreibung in Anlehnung an Arndt (2016). Diese Prozessmuster zeigen in Bezug auf den Verlauf der Experimente zwei Muster. Acht Experimentierprozesse können dem iterativen Muster zugeordnet werden, demzufolge die unterschiedlichen Experimente nacheinander durchgeführt werden. Abbildung 61 zeigt das Prozessmuster von V1 als Beispiel. Entscheidend für die Bewertung des Prozessmusters ist hier die hohe Anzahl an Phasenwechseln innerhalb eines Experiments, welche mit waagerechten Pfeilen dargestellt sind.

4 Ergebnisse

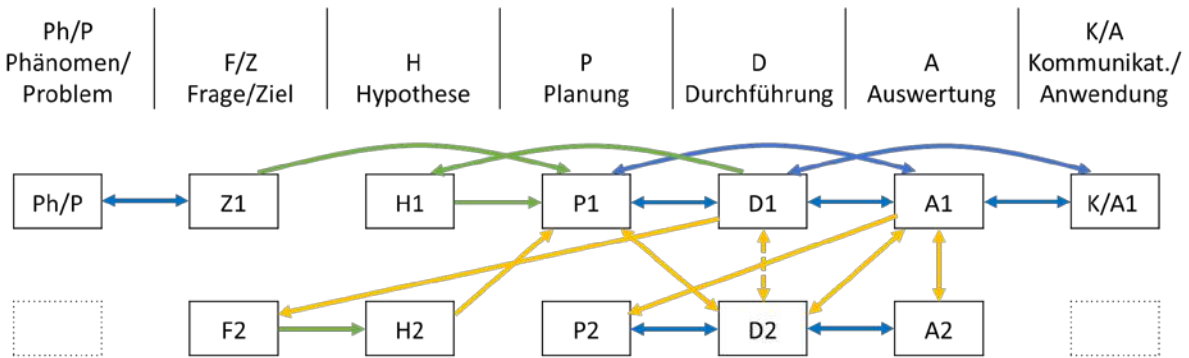


Abbildung 61. Phasen- und Experimentwechsel im Experimentierprozess von V1.

Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung; Grüne Pfeile=einfache Phasenwechsel (vorwärts- und rückwärtsgerichtet); blaue Doppelpfeile=einfach-oszillierende Phasenwechsel.

Drei der Experimentierprozesse entsprechen dem linearen Muster, welches die parallele Ausführung mehrerer Experimente beschreibt. Abbildung 62 (Seite 140) zeigt beispielhaft den Experimentierprozess von V11. Hier zeigen sich im Experimentierprozess insbesondere die häufigen Wechsel zwischen den zwei Experimenten innerhalb einer Phase, dargestellt durch die senkrechten, gestrichelten Doppelpfeile.

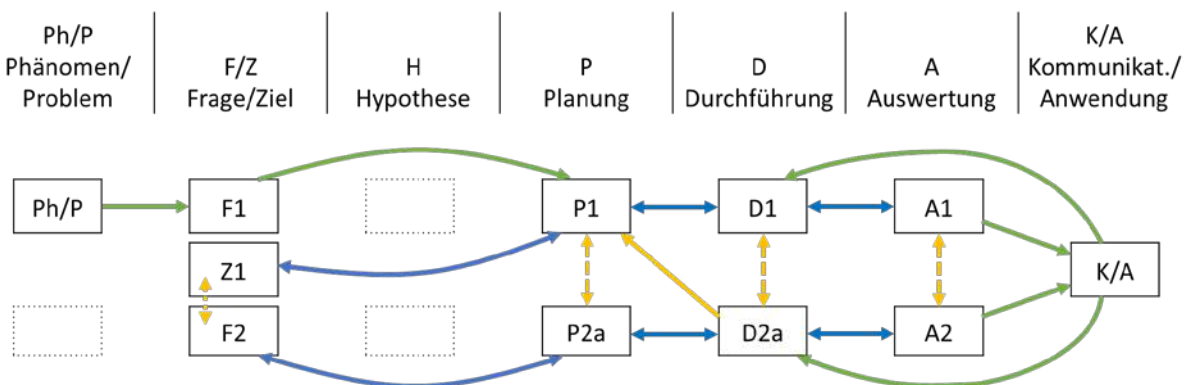


Abbildung 62. Piktogramm des Experimentierprozesses von V11 in Anlehnung an Arndt (2016).

Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung; Grüne Pfeile=einfache Phasenwechsel (vorwärts- und rückwärtsgerichtet); blaue Doppelpfeile=einfach-oszillierende Phasenwechsel.

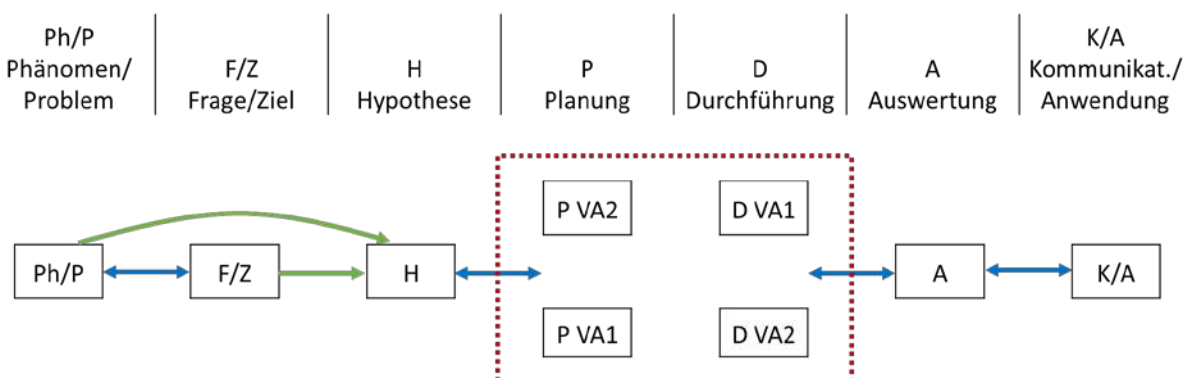
In allen Experimentierprozessen sind einfach und mehrfach oszillierende Wechsel zwischen den Phasen, insbesondere zwischen der *Planung* und der *Durchführung* zu beobachten. Rein episodische Phasenwechsel kommen in keinem der Experimentierprozesse vor; dieses Muster wurde dementsprechend nicht beobachtet. Auf Grundlage der Analysen von Phasen- und Experimentwechseln verteilen sich die Experimentierprozesse der Proband_innen wie in Tabelle 28 dargestellt auf die unterschiedlichen Prozessmuster nach Arndt (2016). Es überwiegt das iterativ-oszillierende Prozessmuster, nachdem die Experimentierphasen für jeweils eine untersuchte Einflussgröße durchlaufen werden, bevor weitere Einflussgrößen untersucht werden. Nach dem linearen Muster wurde lediglich in drei Fällen vorgegangen, wobei zwei Proband_innen (V5 und V2) lediglich ein Experiment durchführten und das lineare Muster daher impliziert ist (da keine Wechsel zwischen mehreren Experimenten stattfinden).

Tabelle 28. Verteilung der Proband_innen auf die Prozessmuster nach Arndt (2016).

<i>episodisch</i>	<i>iterativ</i>	<i>linear</i>
	keine	keine
<i>oszillierend</i>	V1	
	V3	
	V8	
	V5	V11
	V6	V7
	V10	V2
	V9	
	V4	

Prozessmuster der einzelnen Experimente

Eine detaillierte Analyse der einzelnen Experimente auf Ebene der Aspekte lässt die Zuordnung dieser zu jeweils einem Prozessmuster nach Arndt (2016) zu. Anstatt der Phasen- und Experimentwechsel werden hier die Wechsel zwischen den Aspekten sowie zwischen den Versuchsansätzen analysiert. Wie in Abbildung 63 (Seite 141) dargestellt, liegt einem Experiment immer eine gemeinsame *Fragestellung* sowie *Hypothese* zugrunde, und auch die *Auswertung* der Ergebnisse wird bezogen auf alle Versuchsansätze vorgenommen. Daher beschränkt sich die Analyse der Prozessmuster auf Ebene der einzelnen Experimente auf die *Planung* und *Durchführung* des Experiments (Abbildung 63, markierter Bereich).

**Abbildung 63.** Ausschnitt der Analyse der einzelnen Experimente auf Ebene der Aspekte.

VA1=Versuchsansatz 1; VA2=Versuchsansatz 2; Grüne Pfeile=einfache Phasenwechsel; Blaue Pfeile=oszillierende Phasenwechsel; Roter Kasten=Ausschnitt der Analyse.

Abbildung 64 zeigt einen Ausschnitt der Prozessstruktur des oszillierenden Phasenwechsels zwischen den Phasen *Planung* und *Durchführung* im Experimentierprozess von V9 (Teilphase *Experiment vorbereiten*). Die hohe Anzahl an Wechseln zwischen den Versuchsansätzen (gelbe Pfeile) spiegelt die Linearität dieses Prozesses wider. Obwohl der Experimentierprozess von V9 als Ganzes dem iterativ-oszillierenden Prozessmuster nach Arndt (2016) zuzuordnen ist, entspricht das einzelne Experiment einer linearen Vorgehensweise.

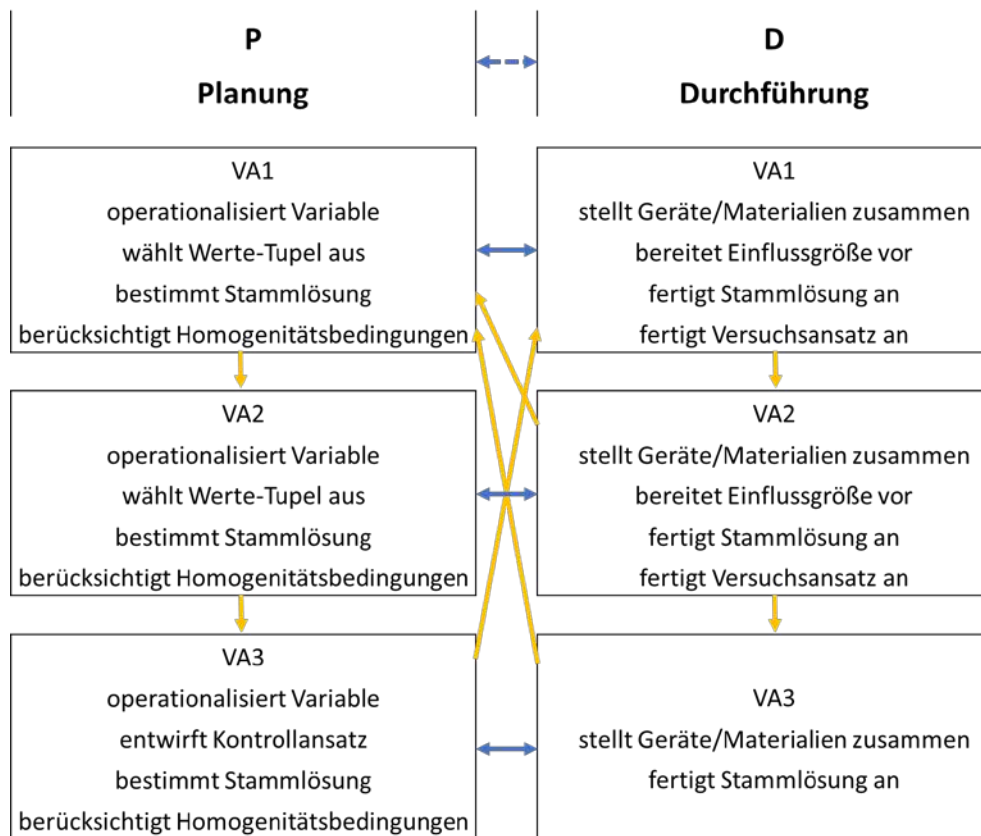


Abbildung 64. Detailliertes Prozessmuster des Experimentierprozesses von V9 auf Ebene der Aspekte. VA1=Versuchsansatz 1; VA2=Versuchsansatz 2; VA3=Versuchsansatz 3; Blaue Pfeile=Wechsel zwischen Versuchsansätzen; Gelbe Pfeile=Wechsel zwischen Aspekten.

Diese detaillierte Analyse der Wechsel zwischen den Aspekten und Versuchsansätzen der *Planung* und *Durchführung* lässt die Zuordnung der einzelnen Experimente zu einem Prozessmuster nach Arndt (2016) zu. Tabelle 29 zeigt die Verteilung der durchgeführten Experimente aller Proband_innen auf die vier Prozessmuster. Auch hier sind keine episodischen Muster erkennbar. Im Gegensatz zur Verteilung der Experimentierprozesse auf die Prozessmuster (Tabelle 28) fällt jedoch auf, dass auf Ebene der Experimente die lineare Vorgehensweise überwiegt. Zudem zeigten sich innerhalb eines Experimentierprozesses unterschiedliche Prozessmuster. Die Person V4 geht beispielsweise im ersten und dritten Experiment linear vor, das zweite zeigt dagegen eine iterative Vorgehensweise. Auch V8 wechselt das Vorgehen innerhalb des Experimentierprozesses.

Tabelle 29. Verteilung der durchgeführten Experimente auf die vier Prozessmuster nach Arndt (2016).

*Experimente ohne Differenztest, mit nur einem Versuchsansatz.

	<i>iterativ</i>	<i>linear</i>	
<i>episodisch</i>	keine	keine	
<i>oszillierend</i>			V8_Exp1
			V8_Exp2*
		V1_Exp1*	V8_Exp4*
	V1_Exp2	V2_Exp1	V9_Exp1
	V4_Exp2	V3_Exp1	V9_Exp2
	V5_Exp1	V3_Exp2	V10_Exp1
	V6_Exp1	V4_Exp1	V10_Exp2*
	V6_Exp2	V4_Exp3	V10_Exp3
	V6_Exp3	V6_Exp4*	V10_Exp4
	V8_Exp3	V7_Exp1	V10_Exp5*
	V7_Exp2	V11_Exp1	
		V11_Exp2	

Prozessänderungen

Prozessänderungen beschreiben Phasenwechsel, die einen veränderten Prozessverlauf nach sich ziehen (vgl. Kapitel 3.5.1, Seite 120). Im Prozessverlauf wird also ein ursprünglicher Plan oder ein festgelegtes Ziel verändert oder verworfen. Es zeigen sich zwei unterschiedliche Auslöser, welche eine Prozessänderung initiieren: Probleme sind beispielsweise Schwierigkeiten im Verfahren wie die Handhabung der Materialien oder inhaltliche Probleme wie zum Beispiel unzureichend protokollierte Messwerte. Erkenntnisse ergeben sich beispielsweise aus der Analyse der Daten und können zu neuen Ideen führen. In einigen Fällen kann der Initiator für eine Prozessänderung aus den Datenquellen nicht erschlossen werden.

Tabelle 30 (Seite 144) zeigt die Anzahl und Auslöser der Prozessänderungen je Proband_in. Insgesamt weisen die Proband_innen 15 dieser Prozessänderungen auf, von denen neun aus einem Problem heraus entstehen.

Beispiel: V11 fertigt einen Versuchsansatz an, der sich als zu dickflüssig für die Apparatur herausstellt. Daher muss sie_er die Zusammensetzung des Versuchsansatzes entgegen der ursprünglichen Planung verändern (V11 Transkript, Abs. 514).

Beispiel: V1 entwirft zunächst ein Versuchsdesign ohne Differenztest. Da das erwartete Ergebnis ausbleibt, setzt sie_er entgegen ihrer Planung einen zweiten Versuchsansatz an und vergleicht in der Auswertung die Messergebnisse beider Versuchsansätze (V1 Transkript, Abs. 415).

4 Ergebnisse

Eine Prozessänderung wird durch eine Erkenntnis initiiert.

Beispiel: V6 wertet die Messergebnisse der zwei Versuchsansätze aus und kommt zu der Erkenntnis, dass bei Zimmertemperatur die Hefegärung erfolgt, eine Temperatur von 4°C diese jedoch unterdrückt. Infolgedessen plant sie, er einen dritten Versuchsansatz mit einer Temperatur von 10°C (V6 Transkript, Abs. 824).

Bei vier der Prozessänderungen kann der Auslöser nicht nachvollzogen werden. Die meisten Prozessänderungen (n=12) führen zur Phase der Planung. Überwiegend handelt es sich bei den Auslösern für Prozessänderungen um Verfahrensprobleme im Umgang mit den Geräten oder Materialien. Acht der Prozessänderungen können auf diesen Problemtyp zurückgeführt werden. Eine Prozessänderung wurde durch ein inhaltliches Problem ausgelöst; in diesem Fall wurden die Daten nicht ausreichend protokolliert, und es musste ein weiterer Versuchsansatz angefertigt werden. Ein methodisches Problem führte zu einer Prozessänderung: Hier wurde eine entscheidende Variable im Versuchsansatz nicht berücksichtigt.

Tabelle 30. Anzahl und Auslöser der Prozessänderungen je Proband_in.

☀=Problem; 💡=Erkenntnis; ☁=nicht nachvollziehbar; Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; A=Auswertung; Exp=Experiment.

Proband_in	Anzahl	Auslöser	Phasenwechsel	Problemtyp	Experiment	Absatz
V1	1	☀	A→P	Verfahren	Exp1→Exp2	415
V2	1	☀	D→P	Verfahren	Exp1	429
V3	1	☁	P→P	?	Exp1	233
V5	1	☀	A→P	Methodisch	Exp1	1316
V6	5	☁	Z→F/Z	?	Exp1	74
		☀	H→F	Inhaltlich	Exp1	??
		☀	P→P	Verfahren	Exp1	273
		💡	A→P	---	Exp1	824
		☁	P→P	?	Exp2	435
V8	3	☀	A→P	Verfahren	Exp2	270
		☀	D→P	Verfahren	Exp4	618
		☀	D→P	Verfahren	Exp4	652
V9	1	☀	A→P	Verfahren	Exp1	762
V10	1	☁	Ph/P→Z	?	Exp1	29
V11	1	☀	D→P	Verfahren	Exp2	514
GESAMT	15					

In Anlehnung an Park et al. (2009) lassen sich auf diese Weise die einzelnen Experimente einem der fünf in Kapitel 2.1.4 (Seite 52ff.) beschriebenen Prozessmuster zuordnen (Tabelle 31, Seite 145). Die meisten Experimente (14) entsprechen dem multi-zyklischen Muster, welches mehrere oszillierende Phasenwechsel (*Loops*) aufweist. Zehn Experimente folgen dem kombinierten Prozessmuster und weisen dementsprechend sowohl oszillierende Phasenwechsel als auch Prozessänderungen auf. Lediglich drei Experimente sind dem zyklischen Prozessmuster zuzuordnen und zeigen daher lediglich einen oszillierenden Phasenwechsel auf. Mit Ausnahme des vierten Experiments von V9, welches jedoch nur bis zur Planung erfolgte, zeigt keines der durchgeführten Experimente das lineare oder nicht-lineare Prozessmuster (mit oszillierenden Phasenwechseln mit oder ohne Prozessänderungen).

Tabelle 31. Zuordnung der durchgeführten Experimente zu Prozessmustern nach Park et al. (2009).

<i>Proband_in</i>	<i>Experiment</i>	<i>Prozessmuster</i>
V1	1	kombiniert
	2	multi-zyklisch
V2	1	kombiniert
V3	1	multi-zyklisch
	2	kombiniert
V4	1	multi-zyklisch
	2	multi-zyklisch
	3	multi-zyklisch
V5	1	kombiniert
V6	1	kombiniert
	2	kombiniert
	3	multi-zyklisch
V7	1	multi-zyklisch
	1	multi-zyklisch
V8	1	multi-zyklisch
	2	kombiniert
	3	zyklisch
	4	kombiniert
V9	1	kombiniert
	2	multi-zyklisch
	3*	multi-zyklisch
	4*	linear
V10	1	kombiniert
	2	zyklisch
	3	multi-zyklisch
	4	zyklisch
	5	multi-zyklisch
V11	1	multi-zyklisch
	2	kombiniert

Vernetzung

Die quantitative Auswertung der Wechsel zwischen einzelnen Phasen oder Aspekten ermöglicht neben der Analyse der Qualität auch die Analyse der Häufigkeiten der entsprechenden Wechsel. Auf dieser Basis können Aussagen über das Muster der Vernetzung getroffen werden. Dieser Analyseschritt fokussiert die Häufigkeit und die Richtung der in den qualitativen Analysen beschriebenen Phasenwechsel (vgl. Kapitel 4.1, Seite 135ff.) sowie die Anzahl der kodierten Einheiten innerhalb der Experimentierphasen (vgl. Abbildung 50, Seite 130). Abbildung 65 zeigt die quantitative Auswertung der Anzahl der kodierten Einheiten je Phase, der Vernetzung der Phasen sowie der Häufigkeit der Phasenwechsel in Bezug auf die Experimentierprozesse aller Proband_innen. Es zeigt sich, dass in Bezug auf alle Proband_innen alle Phasenwechsel teilweise häufig, teilweise weniger häufig vorkommen, mit Ausnahme der Vernetzung zwischen den Phasen *Phänomen/Problem* und *Kommunikation/Anwendung*, was einer Anzahl von 20 Vernetzungen entspricht. Von der *Planung*, der *Durchführung* sowie der *Auswertung* ausgehend finden verhältnismäßig häufig Wechsel zu anderen Phasen statt, diese Phasen sind demnach am stärksten mit den anderen Phasen vernetzt. Eine ähnliche Tendenz zeigt sich auch bei der

4 Ergebnisse

Frage- beziehungsweise Zielstellung. Wenn vorhanden, ist auch die Hypothese mit vielen anderen Phasen vernetzt, während die Phasen *Phänomen/Problem* sowie *Kommunikation/Anwendung* wenige Vernetzungen aufweisen.

Besonders häufige Wechsel finden zwischen den Phasen *Planung* und *Durchführung* (N=470) sowie zwischen *Durchführung* und *Auswertung* (N=353) statt. Aber auch zwischen *Planung* und *Auswertung* (N=143) sowie zwischen *Frage/Ziel* und *Planung* (N=111) wird häufig gewechselt. Die Planungsphase ist damit insgesamt am stärksten mit anderen Phasen vernetzt. Zur Phase *Kommunikation/Anwendung*, wie auch zur *Hypothese*, verlaufen insgesamt nur wenige Wechsel.

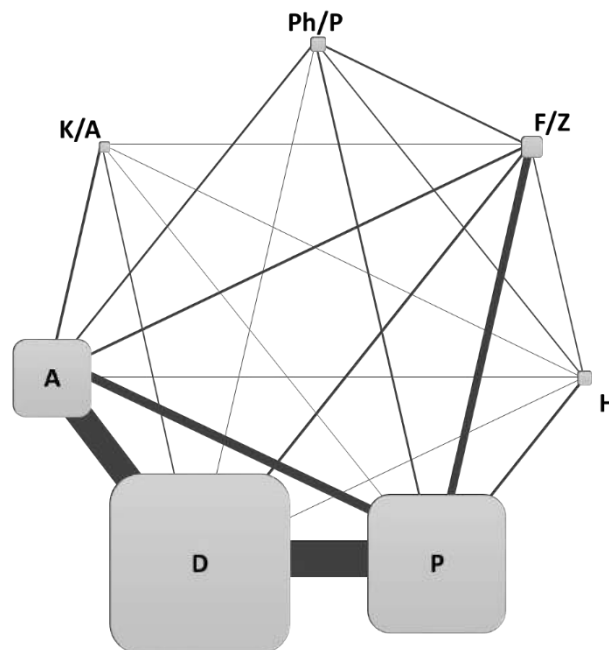


Abbildung 65. Anzahl kodierter Einheiten und Vernetzung der Phasen sowie Häufigkeit der Phasenwechsel aller Experimentierprozesse (N=11).

Größe der Quadrate=Anzahl kodierter Einheiten (1 Kodierung=0,015x0,015 mm); Anzahl der Linien=Vernetzung der Phasen; Stärke der Linien=Häufigkeit der Phasenwechsel (1 Wechsel = 0,07 pt.).

Die Betrachtung der Vernetzungsmuster einzelner Experimentierprozesse (Anhang 30) zeigt, dass in Bezug auf die Anzahl kodierter Einheiten der Phasen in nahezu allen Prozessen die Phasen *Planung*, *Durchführung* und *Auswertung* im Verhältnis viele kodierte Einheiten enthalten, wobei die *Durchführung* deutlich hervortritt. Am Beispiel von V2s Experimentierprozess ist dies in Abbildung 66a zu erkennen. Der Experimentierprozess von V9 stellt diesbezüglich eine Ausnahme dar; in diesem enthält die Phase der *Hypothese* ebenfalls einen hohen Anteil an kodierten Einheiten. In acht Experimentierprozessen ist die Phase der *Durchführung* dem Durchschnitt entsprechend am stärksten ausgeprägt (Abbildung 65, Seite 146). In drei Fällen (V6, V7 und V9) wurde die Planungsphase am häufigsten von allen Phasen kodiert. Abbildung 66b zeigt das Vernetzungsmuster von V6 als ein Beispiel dafür. Die Prozessmuster von V1 und V5 weisen zudem eine ausgeprägte Auswertungsphase auf (Anhang 30).

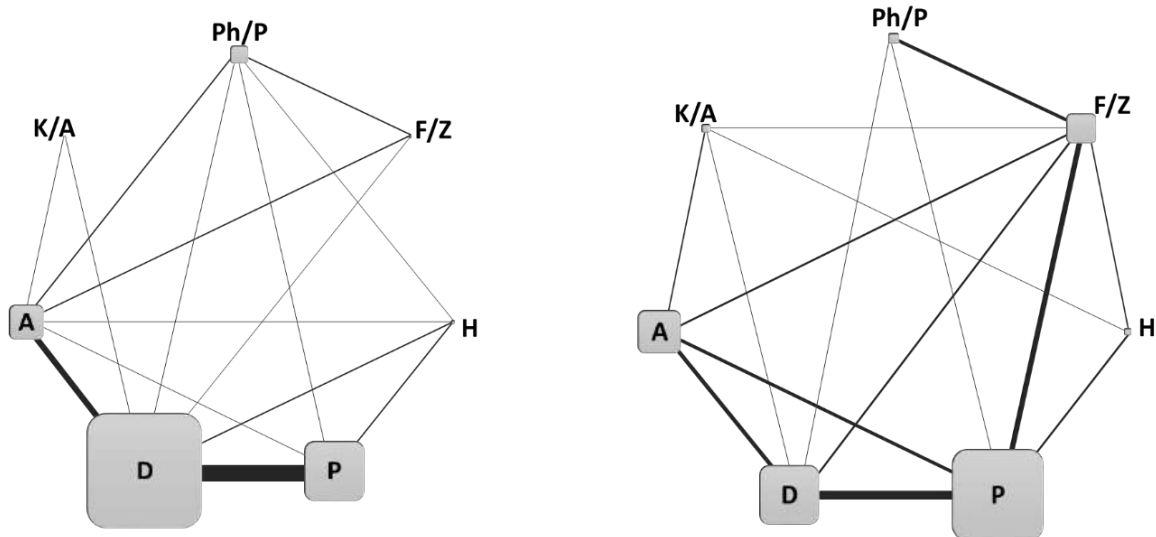


Abbildung 66. Vernetzungsmuster des Experimentierprozesses von a) V2 mit ausgeprägter Durchführungsphase und b) V6 mit ausgeprägter Planungsphase.

Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung; Größe der Quadrate= Anzahl kodierter Einheiten (1 Kodierung=0,015x0,015 mm); Anzahl der Linien=Vernetzung der Phasen; Stärke der Linien=Häufigkeit der Phasenwechsel (1 Wechsel = 0,07 pt.).

Die Vernetzung der Phasen (Anzahl der Linien) variiert von $n=3$ bis $n=16$ von $N=21$ möglichen Vernetzungen. Im Vergleich aller Proband_innen weisen die Experimentierprozesse von V9 ($n=16$), V5 und V6 ($n=15$) sowie V2 ($n=14$) vergleichsweise viele Vernetzungen auf. Abbildung 67a (Seite 147) verdeutlicht dies am Beispiel des Vernetzungsmusters von V9. Im Gegensatz dazu zeigen die Prozesse von V3 ($n=4$), und V10 ($n=3$) vergleichsweise wenig Vernetzungen auf, wie Abbildung 67b (Seite 147) beispielhaft aufzeigt.

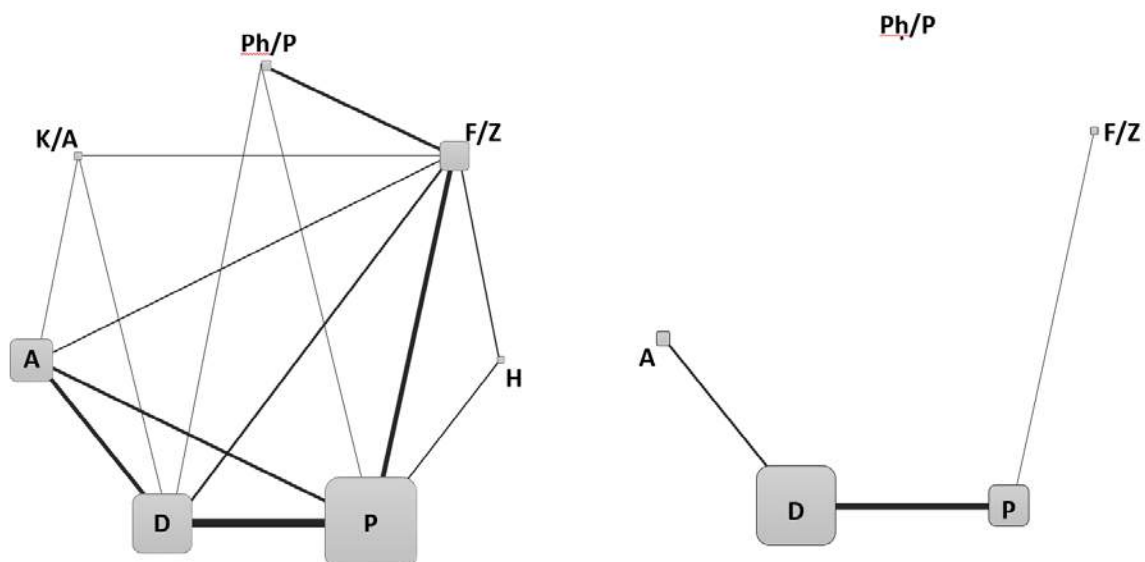


Abbildung 67. Vernetzungsmuster des Experimentierprozesses von a) V9 mit 16 Vernetzungen und b) V10 mit drei Vernetzungen.

Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung; Größe der Quadrate= Anzahl kodierter Einheiten (1 Kodierung=0,015x0,015 mm); Anzahl der Linien=Vernetzung der Phasen; Stärke der Linien=Häufigkeit der Phasenwechsel (1 Wechsel = 0,07 pt.).

4 Ergebnisse

Bezüglich der Häufigkeit der Phasenwechsel (Stärke der Linien) zeigen alle Experimentierprozesse die stärkste Vernetzung zwischen der *Planung* und *Durchführung* sowie eine starke Vernetzung zwischen *Durchführung* und *Auswertung*. Vier der Vernetzungsmuster weisen zudem eine ausgeprägte Vernetzung zwischen Planung und Auswertung auf (V1, V11, V3 und V5), wie es auch das Vernetzungsmuster aller Experimentierprozesse (vgl. Abbildung 65, Seite 146) zeigt. Fünf der Vernetzungsmuster (V1, V4, V5, V6 und V8) zeigen vergleichsweise viele Wechsel zwischen den Phasen *Frage/Ziel* und *Planung*.

Der Vernetzungsgrad der Experimentierprozesse aller Proband_innen wird in Tabelle 32 (Seite 148) aufgeführt. Demnach weisen die Experimentierprozesse von V3 und V10 mit n=4 beziehungsweise n=3 Vernetzungen einen geringen Vernetzungsgrad auf. Die Prozesse von V1, V11, V8, V4 sowie V7 zeigen einen mittleren Vernetzungsgrad von n=8 bis n=13 Vernetzungen, wobei die Prozesse von V8, V4 und V7 mit acht Vernetzungen an der Grenze zu einem geringen Vernetzungsgrad stehen. Die Experimentierprozesse von V9, V5, V6 und V2 werden mit n=14 bis n=16 Vernetzungen dieser Berechnung entsprechend einem hohen Vernetzungsgrad zugeordnet, jedoch fallen diese Prozesse mit 15 beziehungsweise 16 Vernetzungen nur knapp in diese Kategorie.

Tabelle 32. Bewertung des Vernetzungsgrades der Proband_innen auf Grundlage der Anzahl der Vernetzungen. V1-V11=Proband_in 1-11; *unter Berücksichtigung des strukturierten Interviews.

<i>Proband_in</i>	<i>Anzahl der Vernetzungen</i>	<i>Vernetzungsgrad</i>
V9	16	hoch
V5	15	
V6	15	
V2	14	
V1	13	mäßig
V11	10 (13*)	
V8	8	
V4	8	
V7	8	
V3	4	gering
V10	3	

Betrachtet man den Experimentierprozess als lineare Abfolge der Experimentierphasen vom *Phänomen/Problem* bis zur *Kommunikation/Anwendung*, wie es der qualitativen Analyse der Phasen- und Experimentwechsel zugrunde liegt (Kapitel 3.5.1, Seite 116ff.), können die Phasenwechsel in vorwärts und rückwärts gerichtete Wechsel differenziert werden. Die Richtung der Wechsel lässt sich in einer Kreuztabelle differenziert darstellen (Tabelle 33, Seite 149). Die erste Zeile zeigt die Phasen an, von denen aus ein Wechsel initiiert wird, die erste Spalte zeigt die Phasen an, auf die sich der jeweilige Wechsel richtet. Die Summe der Wechsel von der Phase *Frage/Ziel* zur Phase *Hypothese* ist demzufolge der zweiten Spalte in der dritten Zeile zu entnehmen (n=15). Die vorwärts gerichteten Phasenwechsel sind im unteren, linken Teil der Tabelle gruppiert und die rückwärts gerichteten Wechsel im oberen, rechten Teil der Tabelle.

Insgesamt fanden N=1471 Phasenwechsel statt; n=749 davon sind vorwärtsgerichtet und n=722 sind rückwärtsgerichtet. Damit überwiegen leicht die vorwärts gerichteten Wechsel. Die Tendenz einzelner Phasenwechsel zu einer bestimmten Richtung ist in der Tabelle durch die fett und groß geschriebenen Zahlen markiert.

Tabelle 33. Summe der vorwärts und rückwärts gerichteten Phasenwechsel aller Experimentierprozesse (N=11). Weiß hinterlegt=vorwärtsgerichtet; grau hinterlegt=rückwärtsgerichtet; Umrahmung=Wechsel dieser Richtung überwiegen; von=Phasen, von denen aus ein Wechsel initiiert wird; zu= Phasen, auf die sich der jeweilige Wechsel richtet; Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung.

von	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A	Summe	
zu									
Ph/P		18	8	11	6	16	0	59	
F/Z	25		9	49	24	27	0	134	
H	6	15		25	8	7	3	64	
P	14	62	27		228	84	4	419	
D	8	23	13	242		170	13	469	
A	13	19	7	59	183		12	293	
K/A	0	1	2	2	8	20		33	
Summe	66	138	66	388	457	324	32	1471	
Summe vorwärts gerichteter Wechsel				749					
Summe rückwärts gerichteter Wechsel				722					

Vernetzung der Aspekte

Um den typischen Verlauf der Aspekte innerhalb der Planung und Durchführung zu erhalten, wird die Summe der Wechsel zwischen den entsprechenden Aspekten aller Experimentierprozesse analysiert (Abbildung 68, Seite 150). Die häufigsten Wechsel finden zwischen der Beobachtung des Versuchsansatzes beziehungsweise dessen Messung und dem Nutzen eines technischen Geräts oder einer Apparatur statt. Auffallend ist zudem die Häufigkeit der Wechsel zwischen *bestimmt Versuchsansatz* und *fertigt Versuchsansatz an*. Auch zwischen der *Planung und der Durchführung der Beobachtung beziehungsweise Messung* wird häufig gewechselt sowie zwischen *beobachtet Versuchsansatz/führt Messung durch* und *dokumentiert Beobachtung/Messung*. Diese Prozessstruktur spiegelt den typischen Ablauf der angesprochenen Aspekte der in dieser Studie analysierten Experimentierprozesse wider.

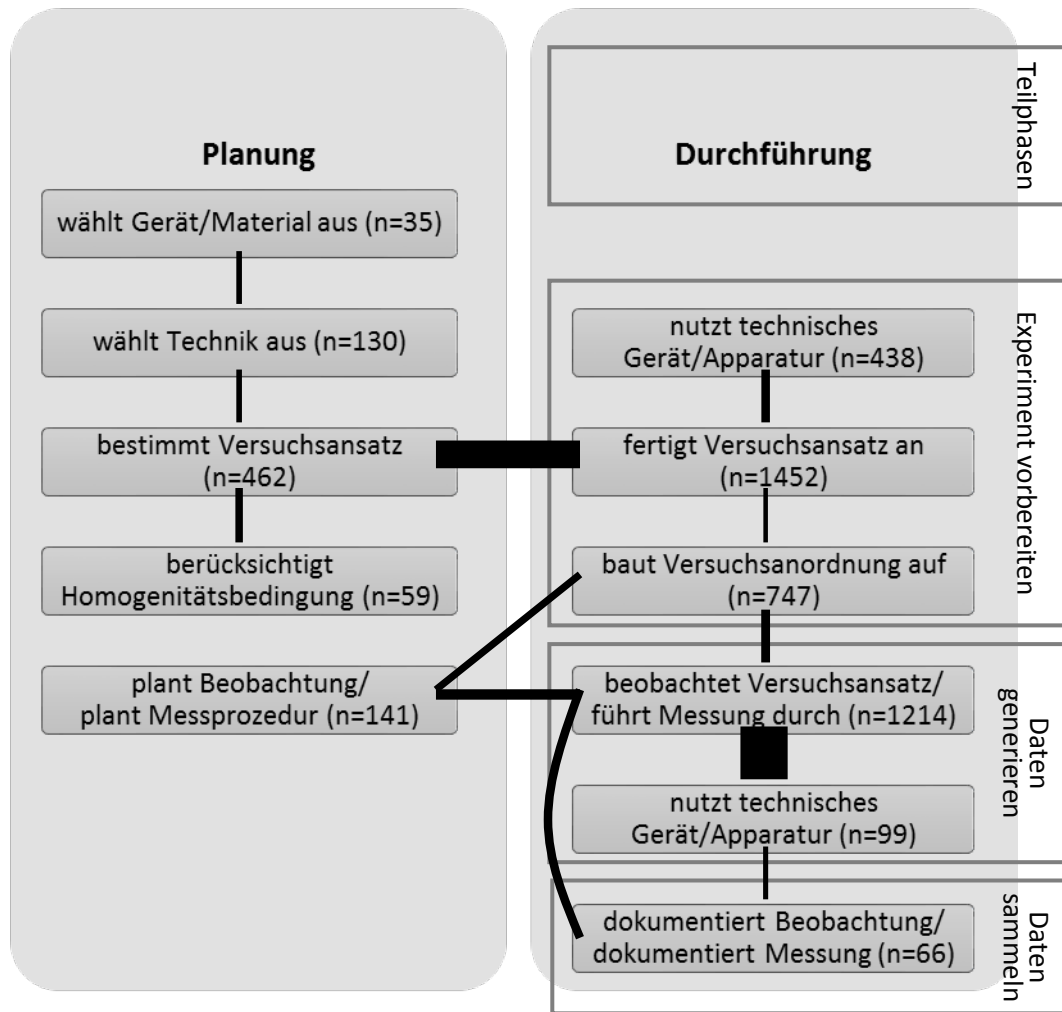


Abbildung 68. Vernetzung der Aspekte in der Planung und Durchführung aller Experimentierprozesse (N=11). Faktor für die Vernetzung der Aspekte: Faktor 0,1: 1 Wechsel=0,1 pt Linienstärke. Es wurden Vernetzungen mit einer Häufigkeit von mindestens 15 Wechseln berücksichtigt; in Klammern=Anzahl kodierter Einheiten.

4.2 Beschreibung prozessbezogener Niveaustufen

Für die Analyse der prozessbezogenen Niveaustufen wird zunächst die Verteilung der kodierten Einheiten auf die unterschiedlichen Kategorien der Niveaustufen analysiert.

Verteilung der kodierten Einheiten

Die Verteilung der kodierten Einheiten auf die Kategorien der Niveaustufen ist in Abbildung 69 (Seite 151) dargestellt. Die gestapelten Säulen zeigen die Summe und Verteilung der kodierten Einheiten je Experimentierphase.

Es wird deutlich, dass alle Kategorien der Niveaustufen von Niveau X bis Niveau 3 kodierte Einheiten enthalten. Auffallend ist, dass die Kategorien *Phänomen/Problem* und *Hypothese* viele kodierte Einheiten der Niveaustufe X (*kein Bezug zum Phänomen/Problem* und *keine Hypothese*) enthalten. In vielen Experimentierprozessen wurde das Phänomen dementsprechend nicht direkt in den Experimentierprozess einbezogen und eine Hypothese wurde im Prozessverlauf nicht formuliert. Die verbleiben-

den kodierten Einheiten dieser Kategorie befinden sich überwiegend in Niveaustufe 3 (*Bezug auf biologisches Fachverständnis*). Die kodierten Einheiten der Kategorie *Frage/Ziel* verteilen sich auf die Niveaustufen 1 bis 3, wobei letztere am häufigsten kodiert wurde. Das bedeutet, dass in den meisten Experimentierprozessen eine Frage nach einem Zusammenhang mit Bezug zu biologischem Fachverständnis formuliert wurde. Ein ähnlicher Trend ist auch bei der *Planung* und *Durchführung* zu erkennen. Die *Auswertung* zeigt viele kodierte Einheiten der Niveaustufe X. Das bedeutet, dass bei vielen Experimenten die Auswertung der Ergebnisse sowie deren Reflexion ausblieben. Falls eine Auswertung stattfindet, zeigt sich jedoch ein hohes Niveau.

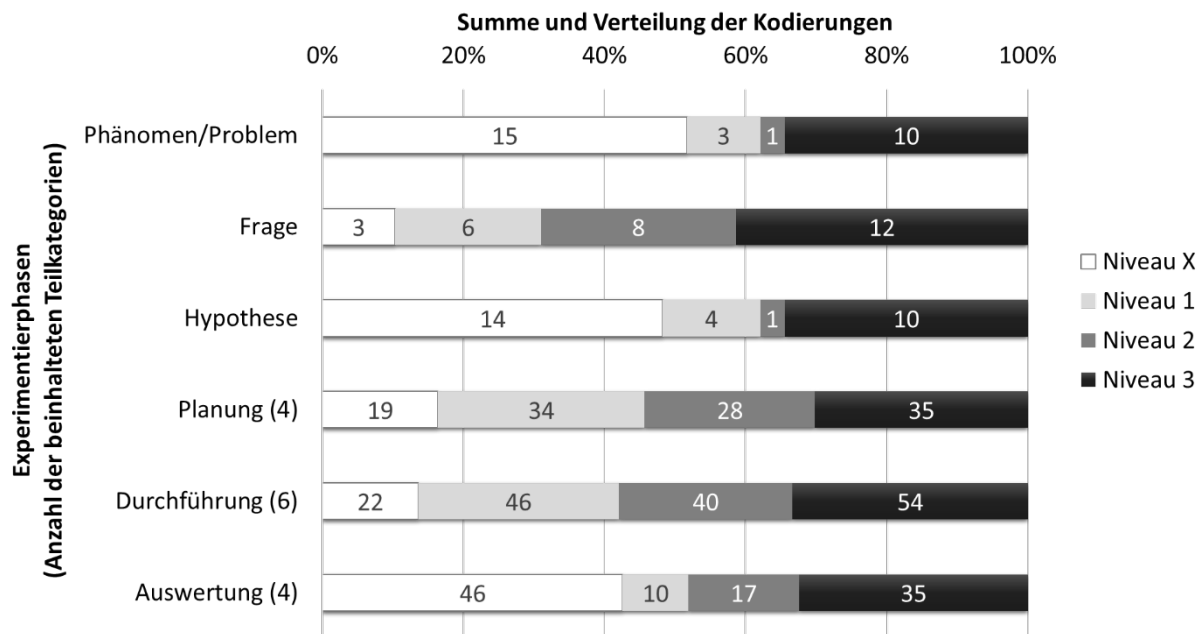


Abbildung 69. Anzahl und prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten der Niveaustufen je Experimentierphase (N=473).

Weiß=Niveau X; hellgrau=Niveau 1; dunkelgrau=Niveau 2; schwarz=Niveau 3; Niveau X=Die entsprechende Kategorie bzw. Teilkategorie kam nicht vor; Die Summe der kodierten Einheiten entspricht der Anzahl der durchgeführten Experimente (27 bzw. 29). Kategorien, die mehrere Teilkategorien umfassen (Planung, Durchführung und Auswertung), beinhalten entsprechend mehr kodierte Einheiten; in Klammern=Anzahl der in dieser Kategorie beinhalteten Teilkategorien.

Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Kategorien in Bezug auf die Anzahl kodierter Einheiten der Kategorie *Planung* in den einzelnen Niveaustufen (Abbildung 70, Seite 152) zeigt, dass insbesondere die *Materialauswahl* häufig mit der Niveaustufe X (*Materialauswahl nicht nachvollziehbar*) kodiert wurde. Bezüglich der Identifikation von Variablen verteilen sich die meisten kodierten Einheiten auf Niveau 1 (*Planung der unabhängigen und/oder abhängigen Variable*) und Niveau 2 (*Planung von Kontrollvariablen/Homogenitätsbedingungen*). Das Niveau 3 enthält fünf kodierte Einheiten, die *Planung von Störvariablen und/oder einem Kontrollexperiment* fand demzufolge bei fünf von 29 Experimenten statt. Diesbezüglich zeigt sich in den Daten, dass einige Studierende nach dem „Pi-Mal-Daumen“-Prinzip arbeiten.

V: „Man könnte jetzt Wasser genau abmessen und so, aber ich bleibe jetzt bei meinem Pi-Mal-Daumen/ acht, oder fünf Milliliter, was ja ganz gut reinpasste (...) und mache mehr Hefe“ (V1 Transkript, Abs. 498).

4 Ergebnisse

In einem Experimentierprozess war die Identifikation von Variablen nicht nachvollziehbar, d. h. die Studierende_r hat sich in keiner Weise zur Auswahl der Variablen geäußert (Niveau X).

Die kodierten Einheiten in der Teilkategorie *Variablenbegründung* verteilen sich relativ ausgeglichen auf Niveau 1 (*ohne Begründung*), Niveau 2 (*Begründung ohne Bezug zum Experiment*) sowie Niveau 3 (*Begründung mit Bezug zum Experiment*).

Die *Planung der Beobachtung* beziehungsweise der *Messung* weist viele kodierte Einheiten der Niveaustufe 1 auf (*Planung eines Aspektes der Beobachtung/Messung*); beispielsweise wird die Dauer der Messung geplant, nicht aber Messintervalle. Hier wurde meist der Startpunkt einer Messung festgelegt, jedoch wurde nicht geplant, in welchen Intervallen die weitere Beobachtung oder Messung der Versuchsansätze erfolgen sollte. In acht von 29 Experimentierprozessen wurden alle drei Aspekte der Beobachtung beziehungsweise Messung geplant (Messzeit, Messintervall sowie Messdauer).

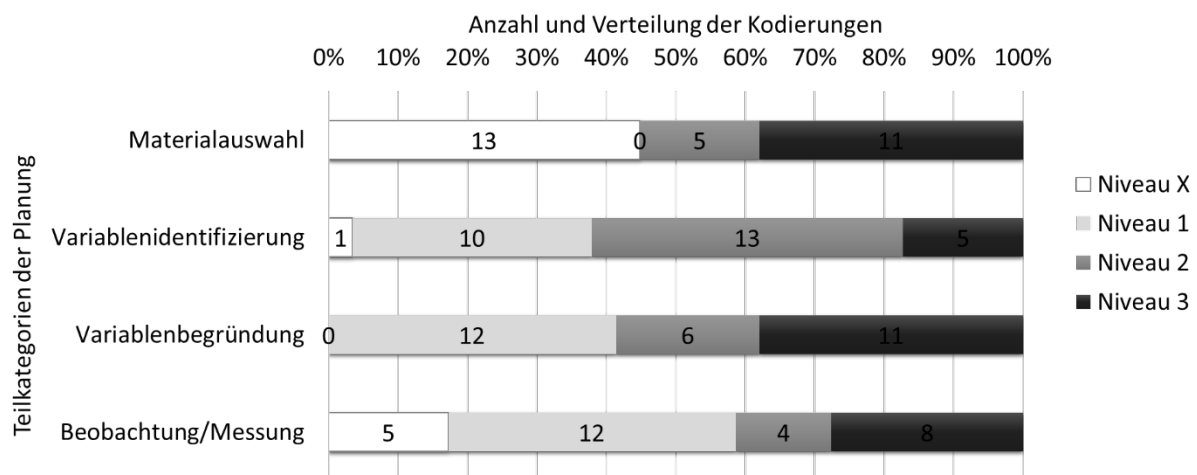


Abbildung 70. Anzahl und prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten je Niveaustufe in der Kategorie Planung ($N=116$).

Weiß=Niveau X; hellgrau=Niveau 1; dunkelgrau=Niveau 2; schwarz=Niveau 3.

Die Verteilung der kodierten Einheiten in den einzelnen Kategorien der *Durchführung* bezüglich der Niveaustufen ist in Abbildung 72 (Seite 153) dargestellt. Die Tatsache, dass Niveaustufe X zu den Teilkategorien *Umgang mit Variablen* und *Experimentalanlage* nicht kodiert wurde, zeigt, dass alle Experimente mindestens einen Versuchsansatz enthielten. Beim Umgang mit Variablen wird in der großen Anzahl an kodierten Einheiten in Niveaustufe 1 und 2 deutlich, dass in den meisten Experimentierprozessen die abhängige und/oder die unabhängige Variable und/oder Kontrollvariablen berücksichtigt wurden, jedoch keinen Kontrollansatz beinhalten (vgl. Abbildung 71, Seite 153).

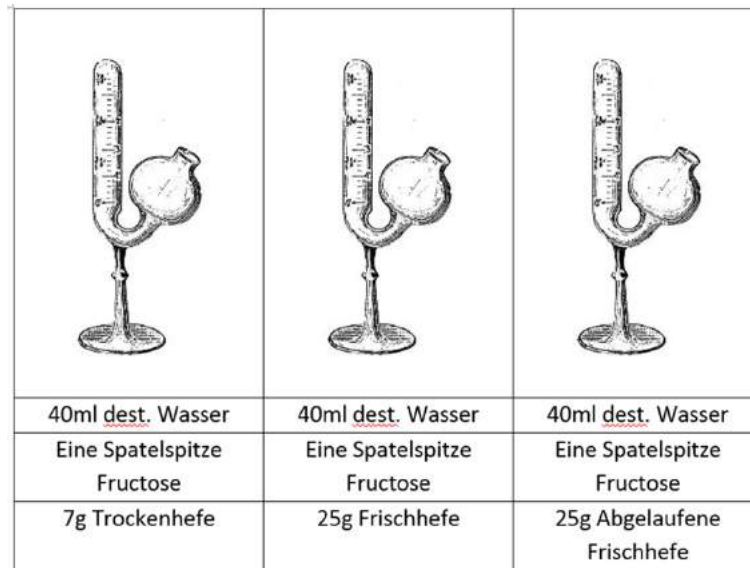


Abbildung 71. Aufbauskitze des 1. Experiments von V2 (V2 Aufbauskitze: 1: 61/218 - 1: 413/763).

Zu sechs der 27 durchgeführten Experimente wurde ein Kontrollansatz angefertigt (Niveau 3). Insbesondere beim Einsatz der Geräte und Materialien wird Niveaustufe 3 kodiert (*korrekter/effizienter Einsatz von Geräten/Materialien*). In nur wenigen Experimenten wurden die Geräte und Materialien fehlerhaft oder ineffizient eingesetzt (Niveau 1) oder ihr Einsatz wurde verbessert (Niveau 2). Die Protokollierung des Prozesses enthält viele kodierte Einheiten der Niveaustufe 1 (*unvollständige Protokollierung*). Das bedeutet, dass lediglich einzelne Aspekte des Prozesses wie die Zusammensetzung eines Versuchsansatzes protokolliert wurden. Die Protokollierung der Ergebnisse blieb in vielen Experimenten aus (Niveau X). Erfolgte dieser Schritt, wurden die Ergebnisse meist vollständig und klar protokolliert (Niveau 3).

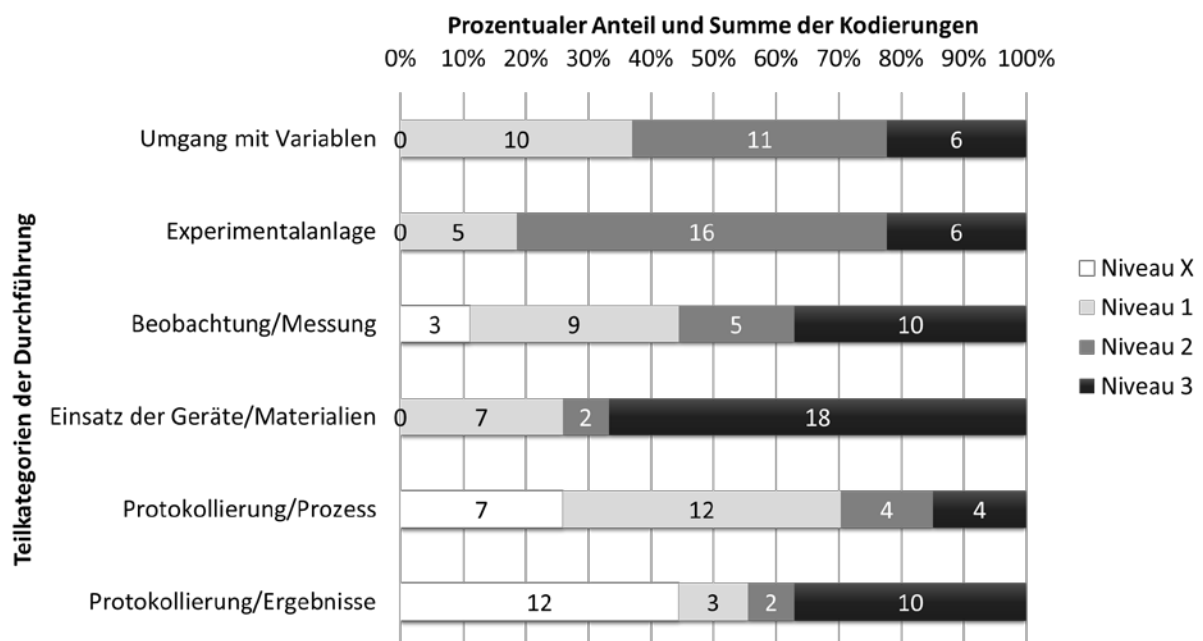


Abbildung 72. Summe und prozentuale Verteilung der kodierten Einheiten je Niveaustufe in der Kategorie Durchführung (N=162).

Weiß=Niveau X; hellgrau=Niveau 1; dunkelgrau=Niveau 2; schwarz=Niveau 3.

4 Ergebnisse

Die Verteilung der kodierten Einheiten auf die Niveaustufen auf die einzelnen Teilkategorien der *Auswertung* ist in Abbildung 73 dargestellt. Die Teilkategorien *Datenaufbereitung* und *Rückbezug auf die Hypothese* fallen häufig in die Niveaustufe X (n=19 bzw. n=15 von N=27 kodierten Einheiten); diese Aspekte der Auswertung bleiben demzufolge häufig aus. Die Kategorien *Schlussfolgerung* und *Fehleranalyse* enthalten viele kodierte Einheiten (n=12 und n=11) auf Niveau 3 (*Schlussfolgerung mit Fachverständnis* sowie *Fehler erkannt mit Revision*). Schlussfolgerungen zeigen sich außerdem vermehrt im Niveau 2 (*Schlussfolgerung ohne Fachverständnis*). In einem Fall wurde die Schlussfolgerung gar nicht begründet (Niveau 1). Bezüglich der Fehleranalyse/Reflexion verteilen sich die restlichen kodierten Einheiten relativ gleichmäßig auf Niveau X (*keine Fehleranalyse/Reflexion*) und Niveau 1 (*keine Fehler erkannt*) und Niveau 2 (*Schlussfolgerung ohne Fachverständnis* sowie *Fehler erkannt ohne Revision*).

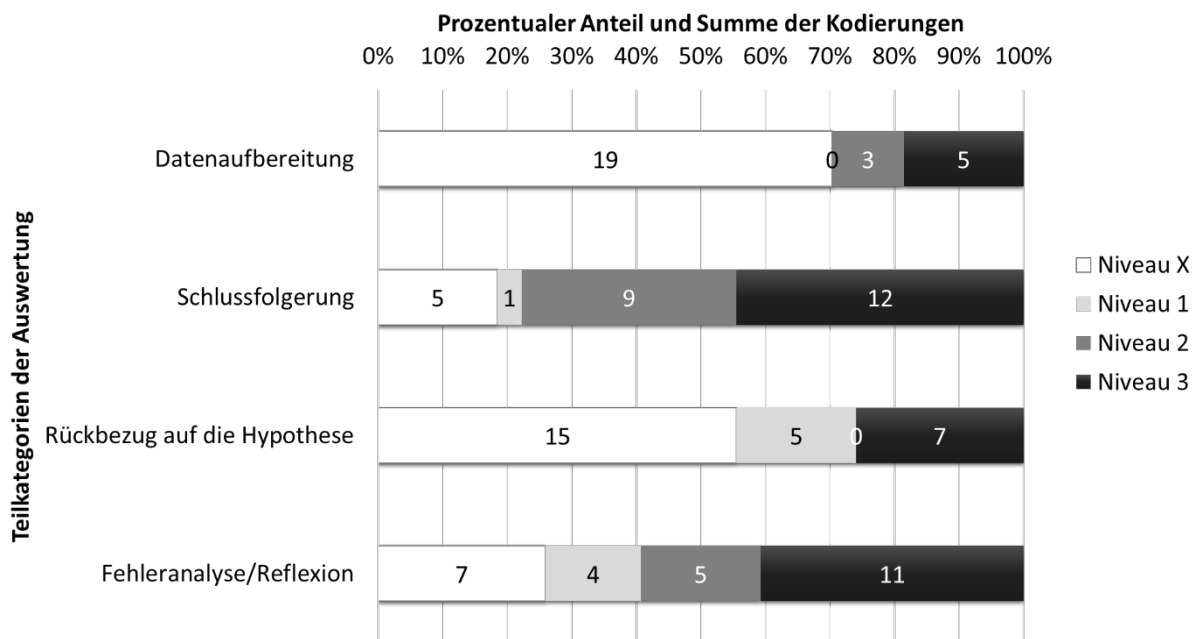


Abbildung 73. Summe und relative Häufigkeiten der kodierten Einheiten je Niveaustufe in der Kategorie *Auswertung* (N=108).

Weiß=Niveau X; hellgrau=Niveau 1; dunkelgrau=Niveau 2; schwarz=Niveau 3.

Der Vergleich zwischen den Experimentierprozessen der jeweiligen Proband_innen gibt Aufschluss darüber, inwiefern sich die kodierten Einheiten der Niveaustufen auf die einzelnen Experimentierprozesse verteilen. Diese Verteilung ist in Abbildung 74 (Seite 155) dargestellt. Da bei der Berechnung des Niveaus auf Ebene der Experimentierprozesse die Niveaustufe X unberücksichtigt bleibt (siehe Kapitel 3.5.2, Seite 123ff.), wird diese in der Abbildung nicht dargestellt.

Es zeigt sich, dass in sechs Experimentierprozessen (V1, V2, V5, V6, V9 und V11) mit mindestens 50 % der kodierten Einheiten vergleichsweise oft Niveaustufe 3 kodiert wurde. Dagegen wurden insbesondere bei den Experimentierprozessen von V3, V4 und V10 vergleichsweise selten die Niveaustufe 3 kodiert. Dieser Trend ist auch bei V7 und V8 zu erkennen. Die Experimentierprozesse von V3 und V10 und auch der von V8 weisen zudem viele kodierte Einheiten der Niveaustufe 1 auf. Eine detaillierte Darstellung der Anzahl kodierter Einheiten der Niveaustufen je Experimentierphase befindet sich in Anhang 29.

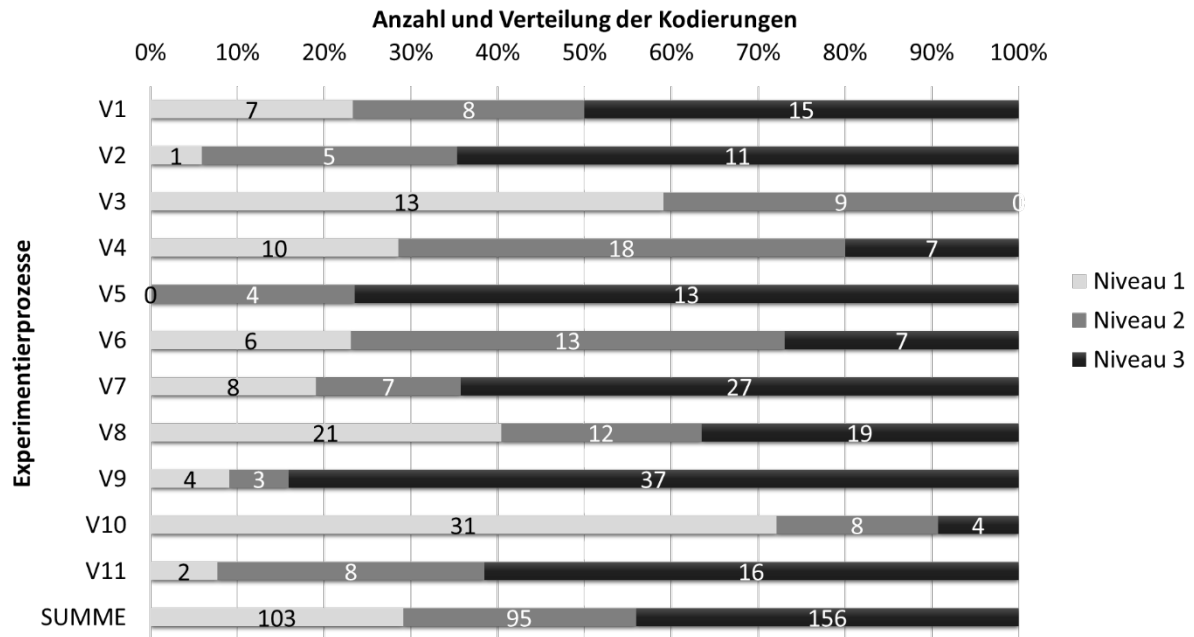


Abbildung 74. Anzahl und Verteilung der kodierten Einheiten der Niveaustufen 1 bis 3 ($N=354$) auf Ebene der Experimentierprozesse ($N=26$).

Hellgrau=Niveau 1; dunkelgrau=Niveau 2; schwarz=Niveau 3.

Die Analyseergebnisse zu den Niveaustufen auf Ebene der einzelnen Experimente und der Experimentierprozesse als Ganzes (siehe Kapitel 4.2, Seite 150ff.) sind in Tabelle 34 (Seite 156) aufgeführt. Es zeigt sich, dass fünf der Experimentierprozesse ein hohes Niveau aufweisen, vier Experimentierprozesse weisen ein mittleres und zwei Prozesse ein geringes Niveau auf.

Studierende, die mehrere Experimente durchgeführt haben, erreichen nicht bei jedem Experiment dieselbe Niveaustufe. Demnach sind im Verlauf der durchgeführten Experimente Schwankungen in den Niveaustufen zu erkennen. Jedoch weisen diese Schwankungen innerhalb eines Experimentierprozesses wenig Varianz auf. Im Fall von mehreren Experimenten weichen die Niveaustufen der einzelnen Experimente dementsprechend nicht mehr als eine halbe Niveaustufe voneinander ab. Eine höhere Varianz ist lediglich bei V8 erkennbar; hier reichen die Niveaustufen von 1 (Experiment 2) bis 3 (Experiment 1).

4 Ergebnisse

Tabelle 34. Niveaustufen bezogen auf die durchgeführten Experimente und der Experimentierprozesse.
Exp=Experiment.

<i>Proband_in</i>	<i>Experiment</i>	<i>Niveau Experiment</i>	<i>Niveau Experimentierprozess</i>	
V5	Exp1	3	3	hohes Niveau
V9	Exp1	3		
	Exp2	3		
	Exp3	3*		
	Exp4	3*	3 (3*)	
V2	Exp1	3	3	
V6	Exp1	3		
	Exp2	2-3		
	Exp3	3	3	
V11	Exp1	3		
	Exp2	3	3	
V1	Exp1	2		mittleres Niveau
	Exp2	3	2-3 (2,5)	
V4	Exp1	2		
	Exp2	2		
	Exp3	2-3	2	
V8	Exp1	3		
	Exp2	1		
	Exp3	2-3 (2,5)		
	Exp4	1-2 (1,5)	2	
V7	Exp1	2	2	
V3	Exp1	1		
	Exp2	1-2	1 – 1-2 (1,25)	
V10	Exp1	1		
	Exp2	1		
	Exp3	1 – 1-2 (1,25)		
	Exp4	1		
	Exp5	1	1	

Die Analyse der Niveaustufen in Bezug auf die Prozessmuster der Experimentierprozesse zeigt, dass diese nicht in allen Phasen gleichbleibend hohe oder geringe Niveaustufen ausweisen. Entsprechend weichen die Niveaustufen der einzelnen Phasen innerhalb eines Experimentierprozesses voneinander ab. Beispielsweise formuliert V1 eine Zielstellung auf Niveau 1 und eine Hypothese auf Niveau 3 (Abbildung 75, Seite 157). Diese Schwankungen sind in allen Experimentierprozessen sichtbar (Anhang 28) und betreffen teilweise auch dieselbe Phase. Ein Experimentierprozess kann dementsprechend sowohl eine *Fragestellung* auf Niveau 3 als auch eine weitere auf Niveau 1 beinhalten, wie es beim Experimentierprozess von V8 zu sehen ist (vgl. Anhang 28).

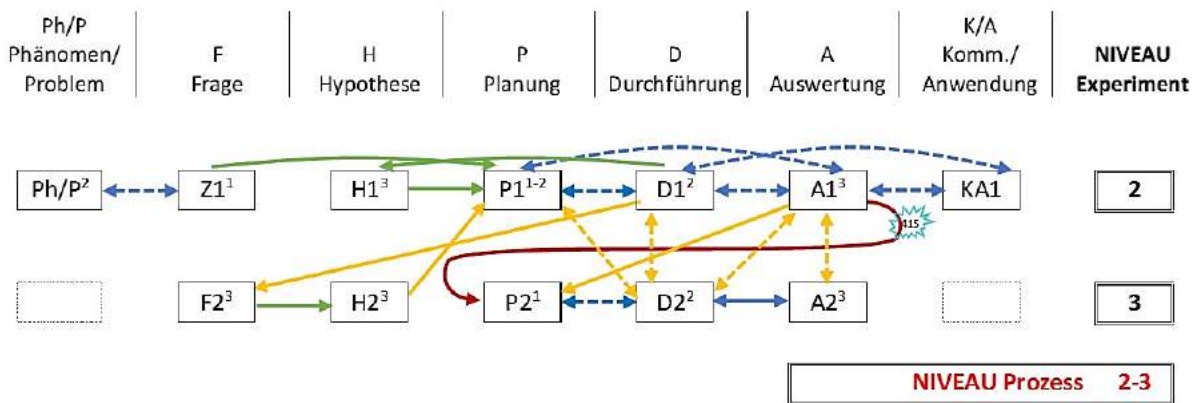


Abbildung 75. Prozessstruktur des Experimentierprozesses von V1.

Hochgestellte Werte=Niveau der Phase; rote Werte=Niveau des Experimentierprozesses; Pfeile: grün=einfache Phasenwechsel; blau=oszillierende Phasenwechsel; blau gestrichelt=oszillierende Phasenwechsel; gelb=Experimentwechsel; gelb gestrichelt=oszillierende Experimentwechsel; Nummerierung der Phasen=Nummer der untersuchten Variable.

Im Zusammenhang mit den Prozessänderungen lässt sich beobachten, dass diese, wie bei V1 (Abbildung 75), in Bezug auf einzelne Phasen zwar zu einer Verringerung des Niveaus im Verlauf des Experimentierprozesses führen, das Niveau des gesamten Experiments jedoch steigern können.

Wahrgenommene Lerngelegenheiten

Die Analysen zur Quelle des Vorwissens (Abbildung 76) zeigen, dass in Bezug auf das Thema Hefegärung das meiste Wissen aus dem Alltag und dem Biologiestudium stammt. Zwei Proband_innen können sich aus der Schulzeit an das Thema erinnern, und eine Probandin (V6) konnte in der Experimentiersituation aus einem beruflichen Kontext auf Fachwissen zur Hefegärung zurückgreifen. Auch in Bezug auf das Wissen und die Erfahrungen zum Experimentieren stammt das meiste Vorwissen aus dem Biologiestudium. Zudem werden das Chemie- und das Physikstudium als Quellen für Vorwissen zum Experimentieren angegeben. Als dritte bedeutende Quelle für Wissen und Erfahrungen zum Experimentieren wird der Beruf benannt.

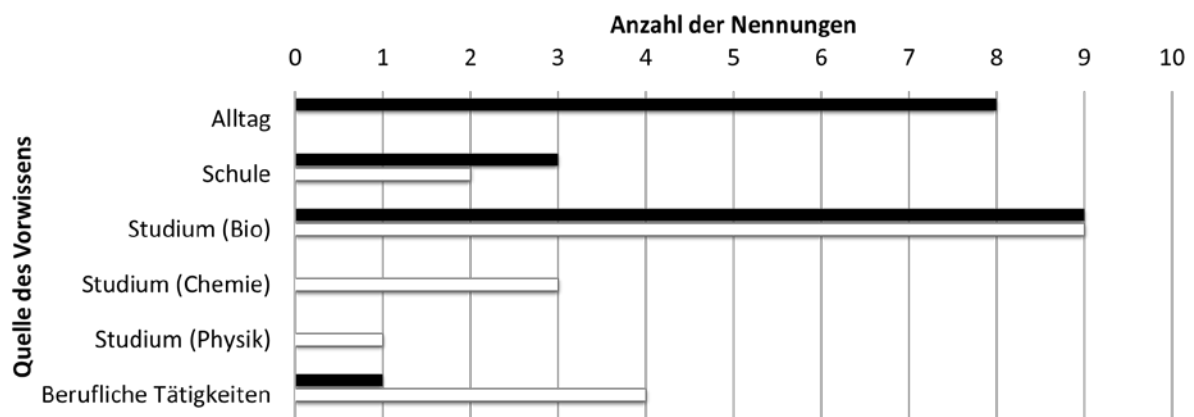


Abbildung 76. Anzahl der Nennungen zur Quelle des Vorwissens zu Hefegärung und zum Experimentieren (N=40). Schwarz=Hefegärung; weiß=Experimentieren.

Art des Vorwissens

Aus dem Biologiestudium wird bezüglich Hefegärung insbesondere das Grundlagenmodul Mikrobiologie im Bachelor of Science angeführt. Zwei der Proband_innen (V6 und V8) weisen bereits ein abgeschlossenes Diplomstudium auf, in dem die Mikrobiologie ein fester Bestandteil war. Zum Vorwissen und zu Erfahrungen beim Experimentieren nennen die Proband_innen insbesondere das Didaktik-Modul B9 (Seminar Fachspezifische Arbeitsweisen im Rahmen der Einführung in die Didaktik der Biologie) im Bachelor of Science. Bezüglich ihres Studiums sprechen fünf der Studierenden zum Teil wiederholt an, dass die Experimente im Studium teilweise stark, teilweise weniger stark vorgegeben werden. Es werden also lediglich einzelne Phasen beim Experimentieren selbständig durchgeführt; alle anderen Phasen werden beispielsweise durch ein Skript vorgegeben. Diese Aussage beziehen die Proband_innen gleichermaßen auf die Fachwissenschaft wie auf die Fachdidaktik.

V: „Die waren schon vorgegeben immer. Also es war jetzt nicht so, dass man irgendwie/ Also dass man sich frei irgendwas überlegen konnte. [...] Das war im Prinzip eher so ein Durchführen von einem vorgegebenen Experiment schon“ (V5 Interview).

Erfahrungen mit offenen Experimenten ohne Vorgaben hat keine_r der Studierenden. Lediglich ein_e Student_in (V1) berichtet von einer fachdidaktischen Veranstaltung im Physikstudium, in der Schulexperimente für den Unterricht geplant werden.

V: „Wir haben ja [das Schülerlabor] (.) und da macht man im Bachelor schon/ und dann auch nochmal im Master (.) äh/ arbeitet man praktisch ein Modul für Schüler aus, wo die dann experimentieren. [...] Und das ist dann auch ziemlich frei“ (V1 Interview).

Bezugnehmend auf die beruflichen Tätigkeiten berichten vier der Proband_innen (V1, V2, V4 und V9), dass sie als studentische Mitarbeiter_innen in einem universitären Schülerlabor arbeiten. Eine Proband_in (V6) verfügt bereits über ein Jahr Berufserfahrung in einer wissenschaftlichen Einrichtung und arbeitete zudem als freie Mitarbeiterin in einer Schüler-Chemie-AG.

Der Vergleich der institutionellen mit den wahrgenommenen Lerngelegenheiten (Tabelle 35, Seite 159) zeigt, dass sich in Bezug auf das Wissen und die Erfahrungen zur Hefegärung die Ergebnisse überschneiden. Hier wurden beide der angebotenen Module von den Studierenden benannt. Bezüglich des Wissens und der Erfahrungen zum Experimentieren zeigt sich eine geringe Überschneidung der Ergebnisse. Die Studierenden nannten acht der insgesamt 35 angebotenen Module als Lerngelegenheit für den Erwerb von Wissen und Erfahrungen zum Experimentieren. Zehn der Proband_innen nannten davon lediglich ein Modul aus dem Bachelor of Science (B9: fachspezifische Arbeitsweisen). V5 benennt darüber hinaus ein fachdidaktisches Modul (LM3: spezielle Themen des Biologieunterrichts) und drei fachwissenschaftliche Module (B7: Tierphysiologie, B8: Pflanzenphysiologie sowie B4: Biochemie) als Lerngelegenheiten für Wissen und Erfahrungen beim Experimentieren.

Tabelle 35. Vergleich der institutionellen und der wahrgenommenen Lerngelegenheiten.

	<i>Institutionelle Lerngelegenheiten (Anzahl der angebotenen Module)</i>	<i>Wahrgenommene Lerngelegenheiten (Anzahl der genannten Module)</i>
<i>Wissen und Erfahrungen zur Hefegärung</i>	2	2
<i>Wissen und Erfahrungen zum Experiment</i>		
<i>Biologie</i>	10	5
<i>Physik</i>	10	1
<i>Mathematik</i>	1	
<i>Chemie</i>	10	3
<i>Sport</i>	0	
<i>Geographie</i>	2	
<i>Musik</i>	0	
<i>Grundschulpädagogik/ Lernbereich Sachunterricht</i>	1	
Gesamt	36	11

4.3 Zusammenfassung

Die Ergebnisse zur **Zuverlässigkeit des Auswertungsinstruments**, also des Kodiermanuals zur Prozessstruktur, zeigt in Bezug auf jede Datenquelle (Transkripte, Videos und Laborprotokolle) sehr gute Übereinstimmungswerte zwischen den Beurteiler_innen.

Für die Analysen zu **individuellen Prozessstrukturen** wurden die Ergebnisse zur Anzahl und Verteilung der kodierten Einheiten hinzugezogen. Die Ergebnisse zeigen, dass im Vergleich zur Gesamtheit kodierter Einheiten die Kategorien *Frage/Ziel*, *Hypothese* und *Kommunikation/Anwendung* wenige kodierte Einheiten enthalten; die *Durchführung* sowie prozessübergreifende Aspekte umfassen dagegen viele kodierte Einheiten. Weiterhin verdeutlichen die Ergebnisse wiederholte Wechsel zwischen den Experimentierphasen (Phasenwechsel) wie auch zwischen den Experimenten (Experimentwechseln), welche insbesondere von der Phase der *Durchführung* ausgehen.

Auf der Basis dieser Wechsel lassen sich alle Experimentierprozesse den Prozessmustern nach Arndt (2016) zuordnen. Das iterativ-oszillierende Prozessmuster überwiegt dabei deutlich; rein episodische Prozessmuster kommen nicht vor. Auf Ebene der einzelnen Experimente zeigen sich überwiegend linear-oszillierende Prozessmuster. Viele der Experimente weisen Prozessänderungen auf. In Anlehnung an Park et al. (2009) lassen sich diese Experimente dem kombinierten Prozessmuster zuordnen. Außerdem entsprechen viele Experimente dem multi-zyklischen Prozessmuster; lineare Prozesse zeigen sich nicht. Grund für die Prozessänderungen sind überwiegend Probleme im Verfahren, z. B. bei der Handhabung des Materials.

Die quantitative Analyse der Phasenwechsel (Art und Häufigkeit der Wechsel) sowie der Ausprägung der Experimentierphasen (Anzahl der kodierten Einheiten) zeigt unterschiedliche Vernetzungsmuster. Hier wird zwischen gering, mäßig und hoch vernetzten Prozessen unterschieden. Die Struktur

4 Ergebnisse

der Experimentierprozesse unterscheidet sich zudem in der Ausprägung der Phasen. In vielen Experimentierprozessen (n=8 von 11) ist die Phase der *Durchführung* in Bezug auf die Anzahl der kodierten Einheiten besonders ausgeprägt.

In Bezug auf die **prozessbezogenen Niveaustufen** zeigt sich, dass alle Niveaus in den Experimentierprozessen sichtbar sind. Die Experimentierprozesse unterscheiden sich hinsichtlich der Kodierung der Niveaustufen. Zwischen den Experimenten einer_s Proband_in ist bezüglich des Niveaus eine geringe Varianz zu erkennen; die unterschiedlichen Experimente innerhalb eines Prozesses zeigen dementsprechend ähnliche Niveaustufen. Das Niveau der einzelnen Phasen weicht dagegen stärker voneinander ab. Hier liegt das Niveau teilweise auch innerhalb einer Phase zwischen n=1 und n=3.

Die Analyse der **wahrgenommenen Lerngelegenheiten** zeigt, dass das Wissen und die Erfahrungen zum Experimentieren überwiegend aus dem Studium, aber auch aus der Schule und dem Beruf stammen. Bezüglich der Hefegärung stammen Wissen und Erfahrungen vor allem aus dem Alltag und dem Studium. Die Proband_innen betonen, dass sie im Studium keine Erfahrungen mit offenen Experimenten als wissenschaftliche Erkenntnismethode gesammelt haben; diese werden fast ausschließlich in Skripten vorgegeben.

Tabelle 36 gibt einen Überblick über die von den Proband_innen (Fachkombination und Studienfortschritt) wahrgenommenen Lerngelegenheiten. Zudem zeigt sie die Ergebnisse zur Struktur und zu den Niveaustufen der jeweiligen Experimentierprozesse.

Tabelle 36. Überblick über die Proband_innen (Fachkombination, Studienfortschritt, Prozessmuster, Niveaustufe des Experimentierprozesses sowie formale, non-formale und informelle Lerngelegenheiten), sortiert nach Niveaustufe.

Bio=Biologie; Mat=Mathematik; Che=Chemie; Spo=Sport; Phy=Physik; Geo=Geographie; Mus=Musik; Prob=Proband_in; Fachk.=Fachkombination in Erst- und Zweitfach; MS=Mastersemester; it=iterativ; os=oszillierend; lin=linear.

Prob	Fachk.	Studienfortschritt	Prozessmuster	Vernetzungsgrad	Niveaustufe	Lerngelegenheiten		
						formal	non-formal	informell
V5	Bio/ Mat	5. MS	it-os	hoch	3	5		Alltag
V9	Bio/ Che	4. MS	it-os	hoch	3	4	Schüler-labor	keine
V2	Bio/ Che	2. MS	lin-os	hoch	3	1	Schüler-labor	Alltag
V6	Bio/ Che	5. MS	it-os	hoch	3	3	Wissenschaft Schüler AG	keine
V11	Spo/ Bio	3. MS	lin-os	mäßig	3	1		Alltag
V1	Bio/ Phy	5. MS	it-os	hoch	2,5	4	Schüler-labor	Alltag
V4	Bio/ Geo	1. MS	it-os	mäßig	2	3	Schüler-labor	Alltag
V8	Bio/ Che	5. MS	it-os	mäßig	2	4		keine
V7	Bio/ Che	1. MS	lin-os	mäßig	2	3		Alltag
V3	Mus/ Bio	5. MS	it-os	gering	1,25	1		Alltag
V10	Mat/ Bio	1. MS	it-os	gering	1	2		Alltag

5 DISKUSSION

In der vorliegenden Studie wurden individuelle Prozessstrukturen sowie prozessbezogene Niveaustufen von Experimentierprozessen Lehramtsstudierender der Biologie analysiert, wobei explizit die Beziehung von kognitiven und handlungsbezogenen Aspekten der Experimentierkompetenz aufgegriffen wurde. Inwiefern sich die Strukturierung des theoretisch hergeleiteten Strukturmodells zum Experimentieren in den empirischen Daten abbildet wird anhand der Anzahl und Verteilung kodierter Einheiten (Kapitel 4.1, Seite 129) diskutiert. Zu der Frage nach interpersonellen Unterschieden in den Prozessstrukturen der Experimentierprozesse werden die Ergebnisse zu Phasenwechseln (Kapitel 4.1, Seite 135), Experimentwechseln (Kapitel 4.1, Seite 138) sowie zur Anzahl kodierter Einheiten herangezogen und mit Bezug auf die Theorie zu Prozessstrukturen (Kapitel 2.2.1, Seite 49) diskutiert. Die Ergebnisse zu den Niveaustufen (Kapitel 4.2, Seite 150) geben Auskunft zu der Frage, inwiefern sich die Qualität der Experimentierprozesse unterscheidet.

Zuverlässigkeit der Auswertungsinstrumente

Um die Frage zur Zuverlässigkeit der Auswertungsinstrumente zu beantworten, wurde geprüft, inwiefern die auf Basis des *Strukturmodells zum Experimentieren* entwickelten Kodiermanuale bei der unabhängigen Kodierung der Daten von zwei Kodierer_innen zu guten Übereinstimmungswerten führen. Die guten bis sehr guten Übereinstimmungswerte der abschließenden Prüfung (vgl. Kapitel 0, Seite 127f.) zeigen, dass die Operationalisierung des theoretisch hergeleiteten *Strukturmodells zum Experimentieren* in den Kodiermanualen erfolgreich war. Es liegt demzufolge ein ausreichend reliables Instrument für die Auswertung und Analyse der Daten vor.

5.1 Individuelle Prozessstrukturen

Frage 1

Inwiefern bildet sich die theoriegeleitete Strukturierung des *Strukturmodells zum Experimentieren* in den empirischen Daten ab?

Um die erste Frage zu beantworten wird geprüft, inwiefern sich die Phasen, Teilphasen und Aspekte des *Strukturmodells zum Experimentieren* in den Experimentierprozessen zeigen. Die Analyse der Anzahl und Verteilung der kodierten Einheiten kann hier eine Antwort geben (siehe Kapitel 4.1, Seite 129ff.).

Alle Phasen und Teilphasen des *Strukturmodells zum Experimentieren* sind in den Experimentierprozessen der Studierenden beobachtbar. Es ist demzufolge möglich, wie bereits Arndt (2016) in ihrer Studie zeigte, alle Phasen und Teilphasen aus dem *Strukturmodell zum Experimentieren* mithilfe einer realen Experimentierumgebung zu initiieren. Damit kann die **Hypothese H1a** bestätigt werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung bezüglich der Häufigkeit und Verteilung der kodierten Ein-

heiten weisen viele Gemeinsamkeiten mit der Studie von Arndt (2016) auf. Obwohl sich die Aufgabenstellungen dieser Studien unterscheiden, zeigt sich eine ähnliche Verteilung der kodierten Einheiten auf Ebene der Phasen.

Dagegen zeigen sich in den Experimentierprozessen nicht alle Aspekte des *Strukturmodells zum Experimentieren*. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Arndt (2016) fällt jedoch auf, dass hier die nicht kodierten Aspekte nur teilweise Überschneidungen aufweisen. Das bestätigt die **Hypothese H1b**, dass sich in den Experimentierprozessen dieser Arbeit teilweise andere Aspekte als in der Arbeit von Arndt (2016) zeigen. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass je nach Domäne (z. B. Chemie, Biologie) und Kontext unterschiedliche Aspekte des *Strukturmodells zum Experimentieren* angesprochen werden.

Die Verteilung der kodierten Einheiten zeigt, wie in der **Hypothese H1c** angenommen, dass sich insbesondere die *Durchführung* in den Daten abbildet. Diese Ergebnisse stimmen mit den Studien von Arndt (2016) und Meier (2016) überein, die zeigten, dass mithilfe praktischer Experimentieraufgaben insbesondere die Phase der *Durchführung* angesprochen werden kann. Damit kann die dritte Hypothese bestätigt werden.

Die theoriegeleitete Strukturierung des Strukturmodells zum Experimentieren bildet sich auf der ersten Ebene, der Phasen und der zweiten Ebene, der Teilphasen in den empirischen Daten ab. Auf der dritten Ebene, der Aspekte, konnten nicht alle Prozesse in den Daten beobachtet werden; demzufolge kann davon ausgegangen werden, dass abhängig von der Domäne und dem Kontext unterschiedliche Aspekte des Modells angesprochen werden.

Die seltene Kodierung einiger Phasen (*Frage/Ziel*, *Hypothese*, *Kommunikation/Anwendung*), Teilphasen (*Daten sammeln*, *Rückbezug auf die Hypothese*) und Aspekte (vgl. Kapitel 4.1, Seite 129ff.) kann auf Basis der vorliegenden Daten unterschiedlich erklärt werden:

1. Es ist möglich, dass die Experimentierumgebung nicht geeignet ist, diese Kompetenzaspekte ausreichend anzuregen, was heißt, dass die entsprechenden Phasen, Teilphasen und Aspekte nicht durch die angebotene Experimentierumgebung initiiert werden.

2. Die verschiedenen beim Experimentieren ablaufenden Prozesse unterscheiden sich in ihrem Umfang. Einige Phasen, wie die Formulierung einer *Hypothese*, sind daher mit einem Satz abgeschlossen, während andere Phasen wie Prozesse der *Durchführung* wesentlich länger andauern und mehr zu diesen Aspekten gesprochen wird. Folglich enthalten diese Phasen auch mehr kodierte Einheiten. Dies betrifft jedoch nicht nur die Formulierung von *Hypothesen*, sondern auch die einer *Fragestellung*. Die Phase *Frage/Ziel* wurde jedoch deutlich häufiger kodiert als die Phase der *Hypothese*, was darauf hinweist, dass es einen weiteren Grund für die geringe Anzahl an kodierten Einheiten geben muss.

3. Die Tatsache, dass die Studierenden einige Phasen selten oder gar nicht durchlaufen, dass sie zum Beispiel selten eine *Hypothese* formulieren, kann auch ein Hinweis auf fehlende Kompetenzen in diesem Kompetenzbereich sein.

Frage 2

Inwiefern unterscheidet sich die Prozessstruktur der Experimentierprozesse von Lehramtsstudierenden der Biologie bei der Bearbeitung einer offenen Experimentieraufgabe in Bezug auf die Abfolge von Experimentierphasen (Phasenwechsel), die Wechsel zwischen Experimenten (Experimentwechsel) sowie die Ausprägung der Experimentierphasen (Anzahl kodierter Einheiten)?

Für die Beantwortung dieser Frage werden die Ergebnisse zu den Prozessmustern herangezogen und in Bezug auf die qualitativen und quantitativen Analysen interpretiert.

Phasenwechsel

Die Ergebnisse in Bezug auf die Phasenwechsel (vgl. Kapitel 4.1, Seite 135ff.) verdeutlichen, dass die Prozessstruktur von Experimenten nicht – wie in idealtypischen Modellen oft dargestellt (vgl. Kapitel 24, Seite 25ff.) – immer linear verläuft. Die vielen unterschiedlichen Phasenwechsel (vorwärts, rückwärts, einfach, oszillierend) und die häufig vorkommenden mehrfach-oszillierenden Phasenwechsel in allen Experimentierprozessen sprechen gegen eine lineare Vorgehensweise. Die Phase der *Durchführung* verläuft zudem nicht als eine in sich geschlossene Phase. Vielmehr zeigt sie sich in allen Experimentierprozessen als eine den gesamten Prozess überdauernde Phase, zu der von allen anderen Phasen aus wiederholt gewechselt wird und die auch zeitgleich zu anderen Phasen abläuft. Ein vergleichbarer Verlauf der *Durchführungsphase* findet sich auch bei Arndt (2016). Die häufigen oszillierenden Phasenwechsel zwischen *Planung* und *Durchführung*, die sich in allen Experimentierprozessen zeigen, weisen auf einen engen Zusammenhang zwischen diesen Phasen hin.

Grund dafür kann die Offenheit der Experimentierumgebung und das Ausbleiben von konkreten, strukturierenden Aufgaben sein (vgl. Kapitel 3.2.2, Seite 92), da der Experimentierprozess und damit die strukturierte Abfolge der Experimentierphasen nicht durch spezifische Impulse gesteuert wird. Der Einfluss der Aufgabe auf den Problemlöseprozess wird auch in der Problemlöseforschung (siehe Kapitel 2.1.3, Seite 10) beschrieben (Frensch & Funke, 1995; Funke, 2003; Mayer, 2007).

Dass Experimentierprozesse nicht immer einem idealtypischen Verlauf folgen, beschreiben auch andere Autor_innen (Klopfer, 1971; Schreiber et al., 2011), ebenso wie dass es sich um einen Mythos handle, dass wissenschaftliche Erkenntnisse nach einer allgemein gültigen wissenschaftlichen Methode gewonnen würden, deren idealtypischer Ablauf ein Garant für erfolgreiche Forschung wäre (McComas, 2000).

Experimentwechsel

Die häufigen Experimentwechsel (Kapitel 1.5.1.1 Experimentwechsel; Ergebnisteil), die vermehrt von der *Durchführung* ausgehen, weisen auf eine zentrale Rolle dieser Phase für die Abfolge der Experimente hin. Ein Grund hierfür könnte sein, dass der biologische Prozess der Hefegärung eine gewisse Zeit andauert und nicht sofort sichtbare Ergebnisse bringt. In dieser Zeit äußern die Studierenden häufig, dass sie die Zeit des Wartens mit einem weiteren Experiment überbrücken möchten, oder sie sehen

sich während des Wartens die Experimentierumgebung genauer an, welche Ideen für weitere Experimente hervorbringt.

V: „Ja, um mir die Zeit zu vertreiben könnte ich ja jetzt eine hypothetische Messreihe irgendwie mir überlegen/“ (V1 Transkript, Abs. 387).

V: „(unv.) beim Backen hat man gelernt, die Hefe muss gehen, das heißt (.), dass damit zu rechnen ist, dass wir etwas Zeit brauchen. Stellen wir das erst mal auf die Seite [...] und schauen mal [...] was man hier noch gucken kann“ (V10 Transkript, Abs. 61-68).

V: „So, habe ich jetzt Zeit wieder. Kann ich mir noch was ausdenken, was mich interessiert (..)“ (V4 Transkript, Abs. 461-462).

Da, wie in der Theorie des Problemlösens beschrieben (vgl. Kapitel 2.1.3, Seite 10), der Problemlöseprozess von unterschiedlichen Situationsmerkmalen wie beispielsweise der Umgebung beeinflusst wird, zeigt die Phase der *Durchführung* in anderen Kontexten, in denen die Reaktion der abhängigen Variable schneller zu beobachten ist, möglicherweise andere Verläufe.

Bei den linearen Prozessmustern (V7 und V11) sind die Experimentwechsel zwischen den Phasen *Planung*, *Durchführung* und *Auswertung* relativ ausgeglichen. Zudem finden sich bei den linearen Prozessen kaum Experimentwechsel mit gleichzeitigem Übergang zu einer anderen Phase. Bei den Proband_innen, die nach einer linearen Vorgehensweise experimentieren (V2, V7 und V11), zeigt sich, dass die *Frage*- beziehungsweise *Zielstellung* zu Beginn des Experimentierprozesses formuliert und im Verlauf des Prozesses nicht weiter verändert wird. Die Studierenden explizieren zwar weitere Ideen, diese werden jedoch nicht weiterverfolgt.

Die Interaktion zwischen Aufgabe und Problemumgebung sowie deren Einfluss auf den Problemlöseprozess (vgl. Kapitel 2.1.3, Seite 10) könnte eine mögliche Erklärung für die zahlreichen Experimentwechsel in der *Durchführungsphase* sein (Frensch & Funke, 1995; Funke, 2003; Mayer, 2007). Die Offenheit der Experimentierumgebung sowie die Dauer des Prozesses der Hefegärung regen einige der Proband_innen demzufolge dazu an, mehr als einer Forschungsfrage nachzugehen, was möglicherweise vermehrt zu einer iterativen Vorgehensweise führt.

Prozessänderungen

Die Analyse der Phasenwechsel im Detail zeigt Änderungen in den Experimentierprozessen, die einen veränderten weiteren Prozessverlauf nach sich ziehen (siehe Kapitel 4.1, Seite 143ff.). Auslöser für die Prozessänderungen sind häufig Probleme, die vermehrt in der Phase der *Durchführung* oder *Auswertung* auftreten. Hierbei handelt es sich in den meisten Fällen um Probleme im Verfahren, wie zum Beispiel im Umgang mit dem Gärungssaccharometer, oder es treten Probleme im Umgang mit den Materialien auf wie der Zusammensetzung der Versuchsansätze und deren Handhabung. Das Auftreten und der Umgang mit derartigen Problemen sind direkt mit der praktischen Ausführung und der damit verbundenen Interaktion mit den Materialien verknüpft. Ohne die praktische Ausführung der Experimente würde die Rückmeldung der Experimentierumgebung ausbleiben; auf Probleme dieser Art könnte nicht reagiert werden, oder diese würden gar nicht erst erkannt. Die praktische Ausführung von Experimenten ist damit Voraussetzung für den Umgang mit Problemen und daraus resultierende

Prozessänderungen. Zion et al. (2004) beobachten ebenfalls Prozessänderungen dieser Art und beschreiben deren positive Bedeutung bei der Ausführung von Experimenten (*Changes Occurring During the Research*) für die Denkprozesse von Schüler_innen. Beispielsweise führen unerwartete Ergebnisse zu Erkenntnissen bezüglich der Bedeutung eines Kontrollansatzes und zu Wiederholungsexperimenten.

Vernetzung

Die vielen Wechsel zwischen *Planung* und *Durchführung* sowie zwischen *Durchführung* und *Auswertung* zeigen, dass die *Durchführungsphase* eine zentrale Rolle in den Experimentierprozessen einnimmt (vgl. Abbildung 65, Seite 146). Zudem sind die ebenfalls häufig auftretenden Wechsel zwischen *Planung* und *Auswertung* ein Hinweis darauf, dass diese drei Phasen (*Planung*, *Durchführung* und *Auswertung*) in enger Wechselwirkung zueinander stehen. Die vielen Wechsel zwischen *Frage/Ziel* und *Planung* deuten darauf hin, dass die *Frage*- beziehungsweise *Zielstellung* in der Phase der *Planung* stark eingebunden ist. Die Phasen *Phänomen/Problem*, *Hypothese* sowie *Kommunikation/Anwendung* werden dagegen selten in den anderen Phasen berücksichtigt und sind dementsprechend wenig in den Prozess eingebunden. Insbesondere die *Hypothese* wird jedoch in der Literatur als wesentlich für den Erkenntnisprozess beschrieben (Breil, 2011; Gooding, 1990; Graßhoff et al., 2000). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stehen im Widerspruch hierzu. Die hier beobachtete schwache Vernetzung zwischen *Auswertung* und *Hypothese* zeigt beispielsweise, dass die Ergebnisse kaum auf die Hypothese bezogen werden. Die schwache Vernetzung der Phase *Kommunikation/Anwendung* kann damit erklärt werden, dass der Fokus in dieser Phase zeitlich meist in die Zukunft gerichtet ist, indem die Studierenden zum Beispiel Ideen zur weiteren Nachforschung formulieren. Die Vernetzung dieser zu den anderen Phasen des aktuell durchgeführten Experiments wird daher nur selten vorgenommen.

Die quantitative Analyse der Wechsel zwischen *Planung* und *Durchführung* auf der Ebene der Aspekte zeigt den typischen Verlauf der Aspekte, wie er in den meisten Experimentierprozessen dieser Studie zu beobachten ist. Die besonders starke Vernetzung zwischen *plant Versuchsansatz* und *fertigt Versuchsansatz an* zeigt, dass die Planung nicht - wie in idealtypischen Modellen oft dargestellt - abgeschlossen wird, bevor die *Durchführung* beginnt, sondern dass vielmehr mit der *Planung* die *Durchführung* beginnt und während der *Durchführung* wiederum Schritt für Schritt geplant wird. Die häufigen Wechsel zwischen Aspekten der *Planung* und der *Durchführung*, wie zum Beispiel auch zwischen *plant Beobachtung/Messung* und *führt Beobachtung/Messung durch* bringen diese Überlappung der *Planung* und *Durchführung* zum Ausdruck.

Ausgehend von der Auswahl einer Technik, also eines spezifischen Vorgehens sowie von Geräten und Materialien werden die Versuchsansätze unter Berücksichtigung der Homogenitätsbedingungen bestimmt. Hiermit beginnt nahezu zeitgleich die Anfertigung der Versuchsansätze mithilfe technischer Geräte oder Apparaturen (z. B. Waage oder Wasserkocher). Die Bestimmung und Anfertigung der Versuchsansätze erfolgen im ständigen Wechsel: Es werden beispielsweise die Parameter für die Stamm-lösung festgelegt, und diese wird anschließend angefertigt. Häufig wird während der Anfertigung des Versuchsansatzes festgestellt, dass die Zusammensetzung nicht angemessen erscheint, da sie beispielsweise zu dickflüssig ist.

V: „Ich versuche jetzt die Stevia trocken in das äh Gärröhrchen umzufüllen, obwohl sie zum Teil noch recht fest ist [...]“ (V11 Transkript, Abs. 368).

V: „Das ist wohl einfach zu wenig Wasser [...]. Ich glaube, es gibt keine Alternative außer einfach noch ein bisschen Wasser reinzumachen [...]“ (V11 Transkript, Abs. 510-514).

Daher wird erneut die Zusammensetzung des Versuchsansatzes geplant und zur Anfertigung dessen gewechselt. Danach wird beispielsweise die Einflussgröße bestimmt, worauf deren Vorbereitung und die Zusammenführung mit der Stammlösung erfolgen. Anschließend wird der Versuchsansatz aufgebaut. Hier findet häufig wieder ein Wechsel in die Planungsphase statt. Die *Planung der Beobachtung beziehungsweise Messprozedur* erfolgt meist zeitgleich mit der *Durchführung der Beobachtung oder Messung*. Hier wird zuerst der Beginn der Messprozedur geplant und im weiteren Verlauf der Beobachtung oder Messung erfolgt dann die weitere Planung von Messdauer oder -intervallen. Für die Beobachtung beziehungsweise Messung wird in den meisten Fällen eine Stoppuhr (*nutzt technisches Gerät/Apparatur*) verwendet. Diesem Aspekt folgt die Dokumentation der Beobachtungs- bzw. Messdaten.

Frage 3

Inwiefern lassen sich auf Grundlage der Phasen- und Experimentwechsel sowie der Ausprägung der Experimentierphasen in den Experimentierprozessen spezifische Muster im Prozessverlauf unterscheiden?

Phasen- und Experimentwechsel

Die Analyse der Phasen- und Experimentwechsel in Anlehnung an Arndt (2016) zeigt zwei unterschiedliche Prozessmuster: das iterativ-oszillierende und das linear-oszillierende (siehe Tabelle 28, Seite 141). Episodische Phasenwechsel zeigen sich zwar zwischen einzelnen Phasen, jedoch treten innerhalb eines gesamten Experimentierprozesses immer auch oszillierende Phasenwechsel auf. Insbesondere zwischen der Phase der *Planung* und *Durchführung* werden diese oszillierenden Phasenwechsel mehrfach durchlaufen, was sich bei allen elf Experimentierprozessen und mit einer Ausnahme (V6, Experiment 3) auch bei den 27 einzelnen Experimenten zeigt. Das Fehlen von rein episodischen Prozessmustern im Vergleich zu den Experimentierprozessen von Arndt (2016) kann dadurch erklärt werden, dass die Aufgabenstruktur in der vorliegenden Studie deutlich offener gestaltet ist (vgl. Kapitel 3.2.2, Seite 92). Arndt (2016) gab in ihren Experimentieraufgaben die Phasen des Experiments durch spezifische Einzelaufgaben vor; die Aufgabe induziert damit vermehrt eine episodische Vorgehensweise. Die Offenheit der in dieser Studie eingesetzten Experimentierumgebung führt dagegen nicht durch die einzelnen Experimentierphasen. Diese Offenheit kann daher möglicherweise ein Grund für das Ausbleiben von rein episodischen Prozessmustern sein.

Unter Berücksichtigung der Prozessänderungen können die einzelnen Experimente den Prozessmustern nach Park et al. (2009) zugeordnet werden. Hier zeigt sich, dass das multi-zyklische sowie das kombinierte Prozessmuster vermehrt auftreten (vgl. Tabelle 29, Seite 143). Grund für diese Verteilung der Prozessmuster nach Park et al. (2009) kann ebenfalls die Offenheit der Experimentierumgebung

sein. Eine stärkere Steuerung des Prozesses durch gezielte Aufgaben kann gegebenenfalls vermehrt eine lineare Vorgehensweise initiieren.

Vernetzung

Die Vernetzung der Phasenwechsel in den Experimentierprozessen (Anzahl der Vernetzungen) weist unterschiedliche Muster auf. Hier können wenig vernetzte Prozesse (bis sieben Vernetzungen), mäßig vernetzte Prozesse (bis 14 Vernetzungen) sowie stark vernetzte Prozesse (ab 15 Vernetzungen) unterschieden werden. Es gibt unterschiedliche Gründe, die im Zusammenhang mit dem Grad der Vernetzung stehen können. Studierende, deren Transkripte durchschnittlich mehr Absätze umfassen (siehe Tabelle 25, Seite 127), wie beispielsweise diejenigen von V1 (n=1141 Absätze) und V6 (n=949 Absätze), weisen stärker vernetzte Experimentierprozesse auf (je 15) als diejenigen, die weniger Absätze umfassen wie zum Beispiel V7 (n=161 Absätze) und V3 (n=345 Absätze). Diese Tendenz zeigt sich bei allen Proband_innen. Ein Zusammenhang mit der Länge der Experimentierprozesse (siehe Tabelle 25, Seite 127) zeigt sich nicht. Unter den kurzen wie auch unter den langen Prozessen finden sich sowohl gering vernetzte als auch stark vernetzte Prozessmuster. Eine Verbindung zwischen der Anzahl der durchgeführten Experimente und dem Grad der Vernetzung des Experimentierprozesses kann ebenfalls nicht beobachtet werden. Proband_innen, die lediglich ein oder zwei Experimente durchgeführt haben (wie zum Beispiel V2 und V1), zeigen genauso stark vernetzte Experimentierprozesse auf wie diejenigen, die mehr Experimente durchgeführt haben (V6) und umgekehrt.

Zusammenfassend zeigen die Analysen der Phasen- und Experimentwechsel sowie der Ausprägung der Experimentierphasen, dass unterschiedliche Prozessmuster identifizierbar sind, die sich den in der Literatur genannten Mustern nach Arndt (2016) und Park et al. (2009) zuordnen lassen. Damit kann die **Hypothese H3a** bestätigt werden. Zudem zeigt die Verteilung der Prozessmuster, dass sich, wie in **Hypothese H3b** erwartet, weniger Prozessmuster zeigen, die dem idealtypischen Verlauf des Experimentierprozesses folgen. In der hier untersuchten Stichprobe fand sich lediglich ein Experimentierprozess, der Ähnlichkeit mit diesem idealtypischen Muster aufweist (vgl. Abbildung 67b, Seite 147). Die in der vorliegenden Studie untersuchten Experimentierprozesse zeigen zudem unterschiedliche Ausprägungen in der Vernetzung der Experimentierphasen (Anzahl und Häufigkeit der Phasenwechsel) sowie deren Ausprägung (Anzahl kodierter Einheiten). Hier können gleichermaßen gering vernetzte, mäßig vernetzte sowie hoch vernetzte Prozesse beobachtet werden. Der Vernetzungsgrad eignet sich damit als ein Merkmal für die Beschreibung von Experimentierprozessen.

Die Analyse der Richtung von Phasen- und Experimentwechseln basiert auf einer idealtypischen linearen Struktur der Experimentierprozesse. Vorwärts- und rückwärtsgerichtet bezieht sich demzufolge auf die Richtung in dieser linearen Prozessstruktur. Insgesamt fanden N=1471 Phasenwechsel statt, n=749 davon vorwärtsgerichtet und n=722 rückwärtsgerichtet. Damit überwiegen leicht die vorwärts gerichteten Wechsel. Ein Zusammenhang zwischen der Richtung der Phasenwechsel und der Qualität des Prozesses ist in den Daten nicht erkennbar.

5.2 Prozessbezogene Niveaustufen

Frage 4

Inwiefern lassen sich mit dem Auswertungsinstrument zu den Niveaustufen bei der Bearbeitung einer offenen Experimentieraufgabe unterschiedliche Qualitäten in den Experimentierprozessen beobachten?

Die Anzahl kodierter Einheiten in Bezug auf die Niveaustufen und deren Verteilung über die entsprechenden Kategorien (siehe Abbildung 69, Seite 151) geben Hinweise auf das Niveau der einzelnen Phasen und auf den gesamten Experimentierprozess. Hier zeigt sich, dass sich die kodierten Einheiten über nahezu alle Niveaustufen verteilen und dass das Niveau der Experimentierprozesse dementsprechend heterogen ist. Diese heterogene Verteilung der Niveaustufen zeigt sich nicht nur interindividuell, sondern auch intraindividuell über die Experimentierphasen eines Experimentierprozesses und können sogar innerhalb einer Phase variieren. Die Proband_innen zeigen demzufolge über den Experimentierprozess hinweg kein stabiles Niveau. Nahezu alle Experimentierprozesse weisen Niveaustufen von X bis 3 auf. Lediglich V3 und V5 stellen diesbezüglich eine Ausnahme dar, wobei der Prozess von V3 keine kodierten Einheiten auf Niveau 3 zeigt und V5 in allen Phasen Niveau 2 oder 3 aufzeigt. Diese Schwankungen in den Niveaustufen zeigen, dass beispielsweise die Formulierung einer Hypothese auf Niveau 3 nicht unbedingt bedeutet, dass die entsprechende Kompetenz nicht vorhanden ist sondern dass sie sich auch im weiteren Prozessverlauf noch zeigen kann.

Der fehlende Bezug zum Phänomen/Problem (vgl. Abbildung 69, Seite 151) kann unterschiedliche Gründe haben. Die Proband_innen berichteten in den Interviews vermehrt, dass sie einige Zeit brauchten, um sich an die Erhebungssituation (Beobachtung durch Kameras, *Lautes Denken*) zu gewöhnen. Da der Experimentierprozess mit der Phase *Phänomen/Problem* beginnt, ist es möglich, dass die Äußerungen zu dieser Phase von dem beschriebenen Effekt der Erhebungssituation beeinträchtigt sind. Ein indirekter Bezug zum Phänomen konnte dennoch in nahezu allen Experimentierprozessen beobachtet werden, da alle Proband_innen die Thematik (Hefegärung) aufgriffen und ihr Versuchsdesign in vielen Fällen demjenigen aus dem *Phänomen/Problem* ähnelte.

In einigen Experimenten weist die *Frage- beziehungsweise Zielstellung* auf den in der Literatur beschriebenen Ingenieursmodus hin, bei dem die Experimentierenden versuchen, einen Effekt zu erzielen anstatt Zusammenhänge zwischen Variablen zu untersuchen (Germann et al., 1996b; Hart et al., 2000; Morrell & Popejoy, 2014; Njoo & Jong, 1993; Schauble et al., 1991; Schauble et al., 1995).

V: „Ja, und ich möchte jetzt eigentlich herausfinden, was da passiert ist, oder eigentlich möchte ich, dass bei mir die Hefesuspension bei mir auch so steigt, (..) weil das irgendwie cool ist, ein cooler Effekt. Den möchte ich jetzt reproduzieren“ (V1 Transkript, Abs. 27-31).

V: „Äh, ich würde einfach einen kurzen Vergleich in einem Experiment (..) versuchen durchzuführen, wo man beobachten kann, ob/ (..) ja, die Hefe beim Wachsen beobachten kann, also quasi bei der (..) Gärung“ (V3 Transkript, Abs. 34).

Viele der Forschungsfragen zielen jedoch auf die Untersuchung von Variablen ab und beziehen sich zudem auf biologisches Fachverständnis. Hierbei stützen sich die Studierenden entweder auf die in der Experimentierumgebung enthaltenen Sachinformationen oder auf ihr Vorwissen.

Einige Studien beschreiben das häufige Ausbleiben einer Hypothese im Experimentierprozess (Carey, 1989; Klahr et al., 1993; Meier, 2016), was sich auch in der vorliegenden Studie zeigt (vgl. Abbildung 69, Seite 151). Ein möglicher Grund könnte darin liegen, dass die Proband_innen Schwierigkeiten bei der Formulierung von Hypothesen haben. Das Problem, dass beispielsweise aufgrund fehlenden Wissens über Kriterien einer wissenschaftlichen Hypothese diese nicht formuliert werden, zeigt sich auch in anderen Studien (Klahr et al., 1993; Meier, 2016; Njoo & Jong, 1993). Jedoch verteilen sich die restlichen kodierten Einheiten überwiegend auf Niveaustufe drei (Hypothese mit Fachverständnis). Zudem fällt auf, dass in manchen Experimentierprozessen bezüglich der Hypothese sowohl Niveau X als auch Niveau 3 kodiert wurde.

V: „Genau. (äh) So, das war jetzt (..) Hypothese eins, also wenn es sich um Trockenhefe handelt, dann ist die [...] Auftreibgeschwindigkeit aufgrund der längeren Anlaufphase vor Beginn des Gärprozesses kleiner als bei Frischhefe“ (V9 Transkript, Abs. 442).

V: „Also, je mehr Hefe bei ausreichend Zucker, umso schneller wird es [der Gärprozess] gehen“ (V1 Transkript, Abs. 748).

Die Proband_innen sind folglich in der Lage, wissenschaftliche Hypothesen auf einem hohen Niveau zu formulieren, wenden diese Kompetenz jedoch nicht in jedem Fall an (Beispiele: V6 und V8). Aus welchem Grund für manche Experimente keine Hypothesen formuliert werden, kann aus den vorliegenden Daten nicht erschlossen werden. Wenn Hypothesen im Laufe des Experimentierprozesses formuliert werden, erfolgt dies nicht immer explizit. Einige der Studierenden sprechen beispielsweise in ihren Überlegungen zum Verlauf des Experiments von Vermutungen. Diese werden nur selten protokolliert.

V: „Und meine Vermutung zuerst war ja, dass ich die starke Gasbildung bei Frischhefe habe (...) und die schwache bei Trockenhefe“ (V2 Transkript, Abs. 57-577).

V: „Meine Vermutung wäre jetzt eigentlich schon gerade, dass es äh (...), dass die Menge an Hefe in der Suspension erst mal auf die Anlaufphase keinen Einfluss hat“ (V5 Transkript, Abs. 426-426).

In der Literatur wird das Phänomen beschrieben, dass Lernende keine Hypothese formulieren, weil diese für die Erzeugung eines gewünschten Effektes nicht von Bedeutung ist (Carey, 1989). Bei den betreffenden Experimentierprozessen handelt es sich jedoch nicht um Experimente im Ingenieursmodus, was gegen diese Begründung spricht. Wenn die Studierenden eine Hypothese formulieren, bleibt es bei dieser einen; mehrere (alternative) Hypothesen werden von keiner_m der Proband_innen formuliert. Das Fehlen von alternativen Hypothesen aufgrund mangelnder Kompetenzen wird in der Literatur als *unable-to-think-of-an-alternative-hypothesis phenomenon* bezeichnet (Dunbar, 1993). Sie beschreibt die Schwierigkeit der Lernenden, Alternativhypothesen aufzustellen und die Tendenz an ihrer aktuellen Hypothese festzuhalten (Klahr et al., 1993). Ob dies der Grund für das Ausbleiben von Alternativhypothesen in der vorliegenden Studie ist, oder ob die Experimentierumgebung nicht dazu anregte, diese zu formulieren, kann aufgrund der vorliegenden Daten nicht geschlossen werden.

Das Fehlen von Begründungen bei der Auswahl der Materialien (Niveau X) kann im Zusammenhang mit der Methode des *Lauten Denkens* stehen. Das bedeutet, dass einige Prozesse nicht Teil expliziter Überlegungen sind oder als solche nicht verbalisiert werden (siehe Kapitel 3.2.1, Seite 89). Dass die Materialauswahl andererseits in vielen Fällen auf Niveau 3 erfolgt, zeigt an, dass Geräte und Materialien begründet und mit Bezug zum Experiment ausgewählt werden.

Die Planung der Variablen wird mit einer Ausnahme für jedes Experiment vorgenommen. Die meisten Proband_innen berücksichtigen hierbei die abhängige und/oder die unabhängige Variable (Niveau 1) sowie Kontrollvariablen und die Einhaltung der Homogenitätsbedingung (Niveau 2). Dass Lernende Schwierigkeiten bei der Identifikation und Zuordnung der abhängigen und unabhängigen Variable und deren kausaler Anordnung im Experiment haben (Duggan et al., 1996; Kuhn & Brannock, 1977; Ziemek et al., 2005) zeigt sich in der vorliegenden Studie nicht. Die abhängige Variable wird jedoch häufig nicht explizit benannt oder operationalisiert. Die Skizzen der Experimentalaufbauten zeigen jedoch, dass diese der *Forschungsfrage* beziehungsweise dem *Ziel* entsprechend in der *Durchführung* berücksichtigt wird. Konfundierende Experimente wie sie von Chen und Klahr (1999) und Hammann et al. (2006) beschrieben werden, zeigen sich lediglich in Fällen, in denen die Kontrollvariablen und gegebenenfalls auch die Homogenitätsbedingungen nicht ausreichend berücksichtigt wurden. Mehrfach definieren die Studierenden die Zusammensetzung der Versuchsansätze nicht oder lediglich ungenau, so dass die Vergleichbarkeit der Versuchsansätze nur eingeschränkt möglich ist. In keinem der Experimente werden mehrere Variablen gleichzeitig verändert, wie es zum Beispiel Tschirgi (1980) beschreibt.

Ein in der Literatur vielfach beschriebenes Problem ist das fehlende Verständnis der Bedeutung und Funktion von Kontrollansätzen (Dawson & Rowell, 1986; Duggan & Gott, 2000; Hammann et al., 2006; Lee et al., 2006), weshalb diese meist nicht in Betracht gezogen werden. Diese Schwierigkeit zeigt sich auch in der vorliegenden Studie, in der die Proband_innen nur selten die Funktion eines Kontrollexperiments erwähnen und die Mehrzahl der Experimente ein solches nicht beinhaltet (vgl. Abbildung 72, Seite 153). Die Berücksichtigung von Störvariablen wird ebenfalls kaum angesprochen. Dieses Ergebnis spiegelt die Beobachtungen von Meier (2016) wider, die ein „reduziertes Fähigkeitsrepertoire“ Lernender zur Identifikation und Handhabung von Störvariablen beschreibt (ebd.).

Die Auswahl der Variablen wird nicht immer begründet. In vielen Fällen entscheiden sich die Proband_innen für eine Variable, ohne diese Entscheidung zu explizieren. Wird die Bestimmung der Variablen argumentiert, erfolgt dies vermehrt mit Bezug zum Experiment.

V: „Nein, Traubenzucker ist am besten, das ist ja/ ja genau, ist direkt Glucose, also genau das, was die Hefen sowieso brauchen als Ausgangsstoff und da müssen die nicht wie bei den anderen Zuckern vorher noch irgendwas machen, sondern hier sollte es dann gleich losgehen“ (V1 Transkript, Abs. 200).

V: „Jetzt habe ich mal ganz viel Glucose genommen, (.) weil da heißt es ja, dass dann auch unter aeroben Bedingungen also so wie das jetzt hier (...) der Fall ist, Gärung stattfindet“ (V6 Transkript, Abs. 377).

In der Mehrheit der Experimente wird die Beobachtung beziehungsweise Messung nicht explizit geplant. Meist wird lediglich der Startpunkt der Beobachtung oder Messung festgelegt und offengelassen, in welchen Abständen wie oft über welche Dauer gemessen werden soll.

V: „Mh. Dann wollen wir es jetzt mal stehen lassen und schauen (..) was (nun?) passiert“ (V10 Transkript, Abs. 445).

Erst im Verlauf der *Durchführung* werden gelegentlich Messintervalle angesprochen. Die fehlende Planung von Messdauer und -intervallen führt jedoch nicht unbedingt dazu, dass diese auch in der *Durchführung* unberücksichtigt bleiben. Messwiederholungen werden lediglich von zwei Proband_innen angesprochen. Eine Aussage darüber, ob die fehlende Berücksichtigung von Messwiederholungen auf ein fehlendes Verständnis zurückzuführen ist, wie in der Literatur beschrieben (Duggan & Gott, 2000; Lee et al., 2006; Lubben & Millar, 1996), kann aus den vorliegenden Daten nicht getroffen werden.

Im *Umgang mit Variablen* bei der *Durchführung* der Experimente zeigt sich, dass in über einem Drittel der Experimente mit der abhängigen und/oder der unabhängigen Variable umgegangen wird, ohne jedoch die Kontrollvariablen und die Einhaltung der Homogenitätsbedingungen zu berücksichtigen. Diese werden demnach nicht ausreichend konstant gehalten. In einigen Experimenten werden die Homogenitätsbedingungen zwar eingehalten, jedoch finden die Störvariablen keine Berücksichtigung. Die Daten weisen darauf hin, dass viele der Studierenden nach dem „Pi-Mal-Daumen-Prinzip“ arbeiten (V1, V2, V3, V4, V7, V8 sowie V10). Teilweise reflektieren sie dies und greifen diese Ungenauigkeiten bei der Auswertung der Daten wieder auf.

V: „Man könnte jetzt Wasser genau abmessen und so, aber ich bleibe jetzt bei meinem Pi-Mal-Daumen!“ (V1 Transkript, Abs. 419).

V: „[...] müssen wir das einfach mal ein bisschen Pi-Mal-Daumen machen“ (V3 Transkript, Abs. 98).

Bei der Mehrheit der Experimente handelt es sich um Differenztests ohne Kontrollansatz (vgl. Abbildung 71, Seite 153). Lediglich sechs der Experimente weisen einen Kontrollansatz auf. Bei der Evaluation des Experiments und der Ergebnisse wird ein Kontrollansatz ebenfalls nicht angesprochen. Der fehlende Kontrollansatz sowohl bei der Planung des Experiments als auch in der *Durchführungsphase* könnte ein Hinweis darauf sein, dass dieser im Verständnis der Studierenden nicht Bestandteil des Experiments ist. Diese Problematik beschreiben auch andere Autor_innen (Dawson & Rowell, 1986; Duggan & Gott, 2000; Hammann et al., 2006; Lee et al., 2006).

Obwohl bei der Planung der Beobachtung beziehungsweise Messung selten alle Aspekte berücksichtigt werden, zeigen sich diese dennoch in der *Durchführungsphase*. Möglicherweise regt der Prozess der *Durchführung* die Studierenden dazu an, mehr Aspekte der *Beobachtung/Messung* zu berücksichtigen als sie ursprünglich geplant haben. Die praktische Ausführung des Experiments spielt für den Aspekt der *Beobachtung und Messung* daher möglicherweise eine wesentliche Rolle.

Der korrekte und effiziente Einsatz der Geräte und Materialien weist darauf hin, dass das Material der Experimentierumgebung der Forderung nach bekannten und leicht verständlichen Materialien (siehe Kapitel 3.2.2, Seite 92) gerecht geworden ist und dass die Sachinformationen angemessen sind.

Gleichzeitig fällt in diesem Zusammenhang jedoch auf, dass die häufigsten Probleme im Zusammenhang mit dem Verfahren wie beispielsweise im Umgang mit Materialien auftreten (vgl. Abbildung 55, Seite 134). Hier führten hauptsächlich der Umgang mit der Waage, mit Messpipetten sowie mit dem Gärungssaccharometer zu Schwierigkeiten. Die Auseinandersetzung mit dem Material führt demzufolge zu Problemen, die im Verlauf der *Durchführung* jedoch gelöst werden können.

Da für das Erreichen eines gewünschten Effekts die Dokumentation des Prozesses und der generierten Daten keine Notwendigkeit darstellt, verzichten Lernende häufig auf diese (Schauble et al., 1991; Schauble, 1996; Zion et al., 2004). Ergebnisse einer Interviewstudie weisen zudem darauf hin, dass Schüler_innen wie auch Lehrer_innen Schwierigkeiten beim Anfertigen eines Protokolls haben (Zion et al., 2004). Die Protokollierung des Prozesses findet auch im Rahmen der vorliegenden Studie häufig nicht statt oder beschränkt sich auf einige wenige Stichpunkte (vgl. Abbildung 72, Seite 153). Ähnlich verhält es sich mit der Protokollierung der Ergebnisse, die in den meisten Fällen ausbleibt. Das Protokoll fungiert für die Studierenden eher als Medium, um Notizen für sich selbst zu festzuhalten und weniger dafür, den Prozess transparent und nachvollziehbar für andere zu gestalten, um die Wiederholbarkeit des Experiments zu ermöglichen. Ob mangelnde Kompetenzen in diesem Bereich ein Grund für die unzureichende Protokollierung des Prozesses und der Ergebnisse sind, kann basierend auf den vorliegenden Daten nicht abgeleitet werden. Wahrscheinlicher ist, dass für die Proband_innen keine Relevanz darin bestand, genaue und detaillierte Aufzeichnungen anzufertigen, da deren Zweck sowie die Adressaten nicht klar definiert waren. Cox (1999) und O'Donnell (1993) beschreiben diesbezüglich, dass die Aufgabe und darin enthaltene Informationen einen Einfluss auf entsprechende Repräsentationen (Aufzeichnungen) haben.

Die Phase der Auswertung wird in den Experimentierprozessen häufig vernachlässigt. Das bedeutet, dass die Studierenden den Experimentierprozess nach der *Durchführung* häufig abbrechen. Aus welchem Grund die Daten nicht ausgewertet werden, wird von den Studierenden nicht expliziert.

Die fehlende Protokollierung der Ergebnisse führt dazu, dass auch die Aufbereitung der Daten in wenigen Fällen vorgenommen wird. Zu diesen Ergebnissen kam auch Meier (2016) in ihrer Studie. Ähnlich verhält es sich mit der Hypothese. Wenn diese im Laufe des Prozesses formuliert wird, werden in nahezu allen Fällen auch die Ergebnisse darauf bezogen. Da in vielen Fällen jedoch keine Hypothese formuliert wird, bleibt dieser Schritt auch bei der Auswertung der Daten aus. Werden Fehler erkannt, werden diese vermehrt auch revidiert oder im Verlauf des Experimentierprozesses weiter berücksichtigt.

In Bezug auf die Interpretation der vorliegenden Ergebnisse zeigt sich, wie auch in der Literatur beschrieben (Kuhn, 1992; Meier, 2016, 2016; Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010), die Schwierigkeit, dass häufig bereits während der *Durchführung* des Experiments die generierten Ergebnisse als Schlussfolgerungen angesehen werden. Die gesammelten Daten werden somit bei der Auswertung der Ergebnisse bereits als diese aufgeführt. Die Studierenden gehen oft nicht über eine reine Beschreibung der Beobachtungsergebnisse hinaus. Einige der Studierenden argumentieren bei der Formulierung von Schlussfolgerungen zwar mit Bezug auf biologisches Fachverständnis, dennoch fehlen häufig theoretische Ansätze bei der Interpretation der Ergebnisse. Zudem wird in den meisten Fällen trotz des feh-

lenden Kontrollansatzes auf einen kausalen Zusammenhang geschlossen, wie es auch Hammann berichtet (Hammann et al., 2006; Hammann et al., 2007). Fragen der Generalisierbarkeit und Sicherheit sowie Alternativen werden lediglich von einer Probandin angesprochen. Wie auch Hackling und Garnett (1995) beschreibt, beziehen nur wenige Studierende Fehler und Grenzen im Experiment in die Ergebnisdeutung mit ein. Hammann et al. (2008b) weist zudem auf das Problem hin, dass Schüler_innen in offenen Experimentieraufgaben häufig invalide Schlussfolgerungen auf der Basis ihrer eigenen Experimente ziehen, die verschiedene Defizite in der Planung aufweisen. Dagegen können sie valide Schlussfolgerungen auf der Grundlage gut geplanter Experimente in einem *Multiple Choice Test* ziehen. Hammann et al. (2008b) weisen darauf hin, dass die Ableitung valider Schlussfolgerungen auf zwei unterschiedliche Kompetenzkonstrukte zurückzuführen ist, nämlich einerseits die Entscheidung, ob ein Experiment ausreichend valide geplant ist um entsprechende Schlussfolgerungen zu ziehen und andererseits die tatsächliche Ableitung logischer Schlussfolgerungen aus Daten. Die vorliegenden Daten, auf deren Basis Schlussfolgerungen gezogen werden, stehen im direkten Zusammenhang mit der Aufgabe und haben damit einen Einfluss auf diesen Prozess.

Die nahezu vollständige Kodierung aller Kategorien sowie deren Verteilung auf die Niveaustufen bestätigt die **Hypothese H4**, die besagt, dass die Kompetenzen der Studierenden heterogen sind und sich über alle Niveaustufen erstrecken. Zudem zeigen die Studierenden wie vermutet unterschiedliche Vorgehensweisen in den einzelnen Phasen des Experiments. Hier werden viele Vorgehensweisen sichtbar, die bereits in der Literatur beschrieben sind und auch bei Schüler_innen und Erwachsenen beobachtet wurden.

Frage 5

Inwiefern können der fachliche Hintergrund (ein naturwissenschaftliches Fach versus zwei naturwissenschaftliche Fächer), der Studienfortschritt (Anfang des Master versus Ende des Master) und die Lerngelegenheiten die unterschiedliche Performanz der Studierenden erklären?

Die Ergebnisse der Analyse des Zusammenhangs zwischen den Niveaustufen der Experimentierprozesse und möglichen Personenmerkmalen (Fachkombination, Studienfortschritt und Lerngelegenheiten), die damit im Zusammenhang stehen können, sind in

Tabelle 36 (Seite 161) dargestellt und werden im Folgenden erläutert. Aufgrund der qualitativen Ausrichtung dieser Studie und der damit verbundenen kleinen Stichprobe lassen die vorliegenden Daten keine Rückschlüsse auf Zusammenhänge zwischen diesen Variablen zu. Es können lediglich Tendenzen beschrieben werden, die in weiteren Studien genauer untersucht werden müssen.

Fachkombination

Fünf der Studierenden (V3, V4, V5, V10 und V11) studierten eine Fächerkombination mit einem nicht-naturwissenschaftlichen Fach. Die Experimentierprozesse der Proband_innen V10 und V3 weisen ein geringes Niveau von 1 beziehungsweise 1,25 auf. Der Experimentierprozess von V4 erreicht

dagegen eine mittlere Niveaustufe von 2, und diejenigen von V11 und V5 zeigen ein hohes Niveau von 3. Im Vergleich dazu studierten V7 und V8 zwei naturwissenschaftliche Fächer (Biologie und Chemie) und erreichen lediglich eine Niveaustufe von 2. Hinweise darauf, dass Studierende mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern höhere Niveaustufen zeigen als diejenigen mit einem naturwissenschaftlichen Fach, wie es Hartmann et al. (2015b) in ihrer Studie festgestellt haben (**Hypothese H5a**), können auf Basis der vorliegenden Daten nicht gefunden werden.

Studienfortschritt

Die Betrachtung der Niveaustufen der Experimentierprozesse im Zusammenhang mit dem jeweiligen Studienfortschritt der Proband_innen gibt keine Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang. Grund dafür ist möglicherweise die geringe Varianz der Studierenden in Bezug auf dieses Merkmal; alle Studierenden befanden sich zum Zeitpunkt der Erhebung bereits im Master of Education. Die Erhebung von Studierenden im Bachelor kann möglicherweise diesen von Hartmann et al. (2015b) beschriebenen Zusammenhang aufzeigen. Zudem ist bei der kleinen Größe der hier untersuchten Stichprobe der Einfluss weiterer Faktoren (zum Beispiel die außeruniversitären Lerngelegenheiten) möglicherweise zu bedeutend und überlagert diesen Effekt. Damit kann die **Hypothese H5b** auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht bestätigt werden.

Formale, non-formale und informelle Lerngelegenheiten

Die Analyse der Performanz der Studierenden beim Experimentieren im Zusammenhang mit den non-formalen Lerngelegenheiten, nämlich der beruflichen Erfahrung, zeigt, dass drei der Experimentierprozesse von Studierenden mit Berufserfahrung (V6, V2 und V9) hohe Niveaustufen erzielten. In zwei Fällen weisen die Experimentierprozesse der Studierenden ein mittleres Niveau auf (V1 und V4). Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass fachliche oder fachdidaktische Berufserfahrung einen positiven Einfluss auf die Experimentierkompetenzen der Studierenden haben könnte. Die Ergebnisse sprechen jedoch nicht eindeutig für diesen Zusammenhang und bedürfen weiterer, stärker kontrollierter fachdidaktischer Forschung. Die Experimentierprozesse von Studierenden mit einem universitären Abschluss in Diplombiologie zeigten nicht unbedingt höhere Niveaustufen im Vergleich zu den anderen Studierenden; der Experimentierprozess von V8 weist lediglich ein mittleres Niveau von 2 auf. V6, mit einem Niveau von 3, verfügt neben dem Diplomstudium zusätzlich über ein Jahr Berufserfahrung in einer wissenschaftlichen Einrichtung sowie Erfahrungen in der Arbeit mit Schüler_innen in einer Schüler-Chemie-AG. Formale Lerngelegenheiten (Studienfortschritt und wahrgenommene formale Lerngelegenheiten) zeigen in Bezug auf die hier analysierten Daten keinen Zusammenhang zur Qualität der Experimentierprozesse auf, was auch für informelle Lerngelegenheiten gilt, die sich ausschließlich auf den Alltag beziehen. Diese Ergebnisse differieren zu den Ergebnissen von Hartmann et al. (2015b), in welcher die Fachstudierenden bessere Ergebnisse erzielten als die Lehramtsstudierenden. Dieser Effekt verringerte sich jedoch im Verlauf des Studiums. Da in der vorliegenden Studie lediglich Studierende des Master of Education integriert wurden, kann die Stichprobe eine Erklärung für das Ausbleiben dieses Effektes sein.

Der Zusammenhang zwischen den Lerngelegenheiten (Studienfortschritt und wahrgenommene Lerngelegenheiten) und der Performanz beim Experimentieren, wie er in der **Hypothese H5c** angenommen wird, kann aus den hier analysierten Daten nicht eindeutig untermauert werden. Die Ergebnisse weisen jedoch darauf hin, dass die Art der Lerngelegenheit von Bedeutung ist. Berufliche Erfahrungen im Experimentieren (non-formale Lerngelegenheiten) scheinen entsprechend in einem positiven Zusammenhang mit der Performanz beim Experimentieren zu stehen, während universitäre Lerngelegenheiten (formal) sowie Erfahrungen im Alltag (informell) diesen Zusammenhang nicht eindeutig zeigen. Entgegen der Erwartung, dass sich die Lerngelegenheiten vorwiegend auf das Studium beziehen, zeigt sich, dass insbesondere die berufliche Arbeit in einem Schülerlabor sowie einer wissenschaftlichen Einrichtung im Zusammenhang mit der Qualität der Experimentierprozesse zu stehen scheint. Einschränkend muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Lerngelegenheiten nicht ausreichend kontrolliert erhoben wurden. Die Ergebnisse können aufgrund des Studiendesigns daher lediglich als Hinweis auf mögliche Einflussgrößen betrachtet werden. Für eine genauere Untersuchung dieser Zusammenhänge müssen die Variablen in weiteren Studien kontrollierter und von den anderen Einflussgrößen isoliert untersucht werden.

Bezüglich des Zusammenhangs zwischen dem Niveau der Experimentierprozesse und unterschiedlichen Personenmerkmalen der Studierenden konnten nicht alle in der Literatur beschriebenen Zusammenhänge beobachtet werden. Der Studienfortschritt und die Fachkombination der Studierenden zeigen keinen Zusammenhang zur Niveaustufe (Kapitel 5.1, Seite 175f.). Diese Ergebnisse gelten jedoch lediglich für die untersuchte Stichprobe und können nicht generalisiert werden. Es ist durchaus möglich, dass diese Zusammenhänge durch andere Einflussfaktoren, wie zum Beispiel die Lerngelegenheiten, überlagert werden.

Frage 6

Inwiefern steht die Qualität der Experimentierprozesse im Zusammenhang mit bestimmten Prozessmustern?

Anzahl kodierter Einheiten je Phase

Bei der Analyse der Niveaustufen (Anhang 29) im Zusammenhang mit der Anzahl kodierter Einheiten je Phase (siehe Anhang 30) zeigt sich, dass bei den Experimentierprozessen von Studierenden mit höherem Niveau die Auswertungsphase stärker ausgeprägt ist als bei Studierenden mit niedrigerem Niveau. Eine Ausnahme ist der Experimentierprozess von V11, die_ der ein hohes Niveau von 3 erreichte, die Auswertung jedoch sehr gering ausfiel. Die Analyse des Interviews zeigt, dass die Auswertung in der Reflexion des Experimentierprozesses rückblickend angesprochen wird. V11 beschreibt in diesem Zusammenhang Methoden, mit denen sie die Daten auswerten würde. Sie_ er nennt hier die Anfertigung eines Graphen und das Ziehen von Schlussfolgerungen auf der Basis der Daten. In Bezug auf die anderen Phasen ist kein Zusammenhang zwischen der Anzahl kodierter Einheiten und der Niveaustufe des Experimentierprozesses zu erkennen. Weiterhin werden in Experimentierprozessen mit hohem

Niveau alle Phasen angesprochen, während in Experimentierprozessen mit eher geringerem Niveau meist eine oder mehrere Phasen ausgelassen werden.

Die hier analysierten Experimentierprozesse weisen darauf hin, dass ein Zusammenhang zwischen der Niveaustufe auf der einen Seite und der Ausprägung der Auswertungsphase auf der anderen Seite besteht. Zudem weisen die Daten auf einen möglichen Zusammenhang zwischen den Niveaustufen und der Anzahl der angesprochenen Phasen hin.

Prozessmuster

Die Einordnung der Experimentierprozesse zu den Prozessmustern nach Arndt (2016) zeigt, dass iterative Experimentierprozesse sowohl hohe als auch niedrige Niveaus erreichen können. Dies gilt auch für lineare Prozesse. Innerhalb und zwischen den durchgeführten Experimenten zeigen die Studierenden keine einheitlichen Niveaustufen. Zudem kann aus den Daten nicht geschlossen werden, inwiefern die Ausführung mehrerer Experimente zu einer Verbesserung oder Verschlechterung des Niveaus führt. Prozessänderungen können dagegen als eine Bereicherung im Experimentierprozess angesehen werden, die das Niveau im Verlauf des Prozesses steigern. Diese Tendenz kann damit erklärt werden, dass auftretende Schwierigkeiten und Fehler korrigiert werden und diese Korrektur zu einer Steigerung der Qualität führt. Die Daten der vorliegenden Studie weisen nicht darauf hin, dass eine bestimmte Vorgehensweise wie ein bestimmtes Prozessmuster erfolgreicher ist als die andere. Die **Hypothese H6** kann damit nicht bestätigt werden.

Vernetzung

Studierende, die hohe Niveaustufen erreichen, weisen stärker vernetzte Prozessmuster auf als diejenigen mit geringen Niveaustufen. Sie sprechen demnach alle Experimentierphasen an und weisen vielfältige Vernetzungen zwischen den Phasen auf. Diese Vernetzungen sind außerdem stärker ausgeprägt, was bedeutet, dass häufiger oszillierende Wechsel zwischen den Phasen stattfinden. Studierende mit hohen Niveaustufen sprechen in der *Planungs-* und *Durchführungsphase* mehr Aspekte an als diejenigen mit geringen Niveaustufen; ferner sind diese Aspekte stärker miteinander vernetzt. Es bestehen folglich mehr Vernetzungen zwischen den Aspekten, und es wird häufiger zwischen diesen gewechselt. Ein Zusammenhang zwischen dem idealtypischen Prozessmuster und der Qualität des Experimentierprozesses ist nicht zu erkennen. Lediglich zwei der Experimentierprozesse (V9 und V7) weisen Ähnlichkeiten mit der idealtypischen Prozessstruktur auf; die Qualität dieser Prozesse unterscheidet sich jedoch (Niveau 3 und Niveau 2). Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch Gößling (2011) für die Domänen Chemie und Physik. Sie beschreibt, dass die Interaktion zwischen dem Hypothesenprüfen und der Experimentdurchführung ausschlaggebend für den Lernerfolg ist. Eine Ausnahme stellt der Experimentierprozess der__{des} Proband_in V11 dar. Während diese__r eine hohe Niveaustufe (3) aufweist, zeigt sie__{er} dennoch einen mittleren Vernetzungsgrad. Die Daten aus dem Interview können diesbezüglich als Erklärung für dieses Ergebnis herangezogen werden. Die__{der} Proband_in äußert sich hier zu möglichen Aspekten, die sie__{er} für ein wissenschaftliches Experiment für bedeutsam hält, im Prozess jedoch nicht berücksichtigt hat.

Es zeigt sich an diesem Beispiel, dass nicht in allen Fällen der Vernetzungsgrad des Experimentierprozesses mit dessen Niveau korreliert. Die Daten aus den anderen Quellen können jedoch als Erklärung hierfür herangezogen werden.

Auf dieser Basis kann die Schlussfolgerung formuliert werden, dass der Grad der Vernetzung im Zusammenhang mit der Qualität eines Experimentierprozesses steht. Diese Ergebnisse sprechen für die Bestätigung der **Hypothese H6b**.

5.3 Methodendiskussion

In der vorliegenden Arbeit wurden kontextspezifisch Einzelfälle im Prozess des Experimentierens untersucht, um deren Experimentierprozesse möglichst differenziert und umfassend analysieren zu können. Entsprechend der qualitativen Forschungsweise können keine Generalisierungen im Sinne von universellen (vgl. dazu auch Metcalfe, 2004) oder statistischen Gesetzesaussagen oder Regeln (Winch, 2008) vorgenommen werden (Mayring, 2007). Das Generalisierungsziel dieser Studie ist vielmehr, auf der Basis spezifischer Beobachtungen systematisch Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Daten herauszuarbeiten und so auf mögliche Regelmäßigkeiten und Zusammenhänge zu schließen (ebd.). Die Beschreibung von Beziehungen gilt ausschließlich unter den gegebenen Bedingungen in ähnlichen Situationen und für ähnliche Personen. Die Verallgemeinerung bezieht sich dementsprechend lediglich auf kontextspezifische Aussagen (Theorien mittlerer Reichweite; Merton, 1968) und kann als exemplarische Verallgemeinerung verstanden werden (Wahl, Honig & Gravenhorst, 1982).

Die Komplexität und der Umfang des *Strukturmodells zum Experimentieren* sowie der in dieser Arbeit erhobenen Daten stellte eine Herausforderung bei der Evaluierung der Auswertungsinstrumente sowie bei der Auswertung der Daten dar. Der Leitfaden zur Weiterentwicklung der Auswertungsinstrumente (Anhang 19) hat sich dabei als geeignete Methode herausgestellt, um im Umgang mit großen Datenmengen und gleichzeitig umfangreichen Codesystemen reliable Auswertungsinstrumente zu entwickeln. Der Prozess der Weiterentwicklung der Instrumente wird damit transparent und nachvollziehbar.

Die Erfassung der Experimentierkompetenz mithilfe unterschiedlicher qualitativer Methoden (Kapitel 3.2.1, Seite 86ff.) führt entsprechend zu unterschiedlichen Datenquellen. Dies hat sich als geeignetes Mittel gezeigt, die verschiedenen Aspekte der Experimentierkompetenz zu erfassen, da jede Datenquelle im Schwerpunkt andere Kompetenzaspekte erfasst, welche im Schritt der Analyse wieder zusammenfließen und ein umfassendes Bild ergeben (Flick, 2010b, 2011). Beobachtungsfehlern wurde durch das vorher entwickelte Kodiermanual und durch die Erfassung der Experimentierprozesse mithilfe der Videographie entgegengewirkt (Kochinka, 2010).

Die Auswertung (Kodierung) der unterschiedlichen Datenquellen erfolgte in der vorliegenden Studie getrennt voneinander, um möglichst detaillierte Ergebnisse zu erhalten und wurde erst in der Analyse der Daten wieder zusammengeführt. Diese getrennte Auswertung hat zur Folge, dass einige Absätze oder Zeiteinheiten nicht eindeutig interpretiert werden können. In den Videos kann beispielsweise anhand der Sichtstruktur allein nicht differenziert werden, was genau durch die *den Proband_in* protokolliert wird. Dabei kann es sich um den Prozess handeln, wie die *Forschungsfrage*, *Hypothese* oder Aspekte der *Planung*, aber auch um Ergebnisse die aus der Generierung von Daten resultieren, wie etwa Beobachtungen oder Messwerte. Eine Erfassung der Teilphase *Daten sammeln* ist damit ohne einen Bezug auf das verbale Protokoll nicht möglich. Eine stärkere Vernetzung der Datenquellen wäre

hier eine Möglichkeit, zu bestimmten Aspekten im Modell genauere Aussagen treffen zu können. In Bezug auf die Transkripte fällt auf, dass $n=2271$ (17 %) der Absätze nicht kodiert werden konnten, da hier nicht gesprochen wurde. Die Kodierung der Videos ist demnach ein wichtiger Schritt, die Experimentierprozesse umfassend zu beschreiben. Eine methodische Lösung für dieses Problem ist die gemeinsame Kodierung der Datenquellen, insbesondere der Transkripte und Videos in einem gemeinsamen Dokument. Nachteil dieser Lösung ist, dass die Analyse der Daten dann nicht mehr getrennt voneinander erfolgen kann.

Die bewusst gewählte Offenheit der Experimentierumgebung ermöglichte die weitestgehend realitätsnahe und unverfälschte Erfassung der Experimentierprozesse Studierender. Trotz dieser Offenheit konnten alle Phasen und Teilphasen des Strukturmodells zum Experimentieren, insbesondere die Phase der *Durchführung* beobachtet werden. Die Experimentierumgebung ist demzufolge geeignet, alle Phasen ausreichend anzusprechen.

Der Verzicht auf eine Steuerung des Prozesses durch gezielte Impulse führt zu einer großen Anzahl von Daten, deren Auswertung und Analyse sehr aufwändig ist. Zudem ist ein direkter Vergleich der einzelnen Fälle nicht auf jeder Ebene möglich, da die durchgeführten Experimente der Studierenden sehr unterschiedlich sind. Derartige Vergleiche waren jedoch nicht Teil der vorliegenden Studie, daher stellt die Offenheit in dieser Hinsicht keine Einschränkung der Ergebnisse dar.

Aufgrund der Offenheit der Aufgabenstellung und dem Verzicht von gezielten Impulsen bezüglich der einzelnen Experimentierphasen ist es nicht möglich, einen eindeutigen Rückschluss von den Niveaustufen der Experimentierprozesse auf die Kompetenzen der Studierenden zu ziehen. Möglicherweise werden Aspekte im Experiment nicht gezeigt, weil diese für die/den Proband_in zunächst nicht als relevant erachtet werden. In diesem Fall kann nicht darauf geschlossen werden, dass mangelnde Kompetenzen der Grund für das Ausbleiben dieser Aspekte sind. Lediglich durch gezielte Impulse wäre dieser Rückschluss möglich.

Die Offenheit der Experimentierumgebung ist ein wesentlicher Grund für das Auftreten von Problemen im Laufe des Experimentierprozesses. Hammann et al. (2008b) argumentieren, dass mit dem Anstieg der Offenheit in *Performance Assessments* im Vergleich zu *Multiple Choice Aufgaben* Schülervorstellungen über die experimentelle Methode vermehrt zu schlecht geplanten Experimenten (*ill-planned experiments*) und unlogischen Schlussfolgerungen führen (ebd., S. 70). Probleme im Experimentierprozess sind häufig Auslöser für Prozessänderungen, welche sich in einigen Fällen als ein Merkmal für die Steigerung der Qualität des Experimentierprozesses herausgestellt haben. Der Umgang mit diesen Problemen führt zu einer Anpassung oder zum Verwerfen ursprünglicher Ziele und/oder Pläne und damit zu einer Änderung im Prozessverlauf. Dieser Umgang mit unvorhergesehenen Problemen wird durch die aktive, handlungsbezogene Auseinandersetzung mit der Experimentierumgebung ermöglicht. Eine rein kognitive Bearbeitung eines Problems lässt dies nicht zu. Bei einer stärker gelenkten Aufgabe, beispielsweise durch genaue Anleitungen zur Benutzung des Materials oder zur Anfertigung der Versuchsansätze würde es vermutlich weniger zu Schwierigkeiten oder Problemen kommen, welche das Niveau zunächst einmal senken und dann eine Prozessänderung erforderlich machen. Die Offenheit der Aufgabe führt demzufolge in einigen Fällen zunächst zu einer Absenkung des Niveaus im Experimentierprozess und im Falle einer folgenden Prozessänderung wieder zu einem Anstieg. Die

Frage, die sich bei gelenkten Aufgabenstellungen jedoch stellt, ist, inwiefern sich dann die tatsächlichen Experimentierkompetenzen der Studierenden zeigen, oder ob bei derart gelenkten Aufgaben eher die Kompetenzen des Textverständnisses und die des korrekten Umsetzens von Anleitungen sichtbar werden.

Bei den häufigsten Problemen handelt es sich um Verfahrensprobleme. Diese stehen vor allem im Zusammenhang mit der Handhabung der Materialien beziehungsweise Geräte und dem Umgang mit den Substraten. Diese Probleme können auf unzureichendes Wissen und fehlende Erfahrungen bezüglich der Materialien zurückgeführt werden. Zwei der Proband_innen lösen dieses Problem, indem sie einen oder mehrere Vorversuche durchführen, um sich mit den Geräten und Materialien vertraut zu machen. Diese explorative Phase wird auch in anderen Studien als wesentlich beschrieben (Pernkopf, 2006; Ziegler, 2003) und kann einigen Schwierigkeiten oder Problemen wie beispielsweise im Umgang mit den Geräten und Materialien im weiteren Prozess vorbeugen.

Hammann et al. (2008b) konnten zeigen, dass die Bearbeitung von praktischen Experimentieraufgaben häufiger zu invaliden Schlussfolgerungen führte als bei der Beantwortung von *Multiple Choice Aufgaben*. Die Experimentierumgebung könnte demzufolge auch das Niveau der Auswertungsphase beeinflussen.

Aspekte der Charakteristika der Naturwissenschaften sind zumindest implizit in den Experimentierprozessen enthalten (Kremer, 2010; Lederman, 2007; MacComas, 2000). Da diese nicht begleitend erhoben wurden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Wissenschaftsverständnis einen Einfluss auf die Experimentierprozesse und deren Niveaustufen hat.

Obwohl die zugrundeliegenden Instrumente zur Beurteilung der Niveaustufen ursprünglich für Schüler_innen unterschiedlichen Alters entwickelt wurden (Arnold et al., 2012; Grube, 2010; Meier, 2016), ist die Erfassung von Niveaustufen in den Experimentierprozessen Studierender mit dem hier eingesetzten Instrument möglich. Es wurden alle Niveaustufen kodiert. Dies bedeutet, dass das Instrument ein breites Spektrum an Niveaustufen in den Experimentierprozessen erfasst. Zudem liegen bis auf eine Ausnahme keine Ereignisse vor, die mit dem Instrument nicht abgebildet werden konnten. Lediglich eine Aussage einer_s Proband_din in der Auswertung der Ergebnisse bezieht sich auf den Aspekt der Generalisierbarkeit bzw. Sicherheit der Ergebnisse, welcher in dem vorliegenden Instrument aufgrund der Reduzierung auf drei Niveaustufen nicht abgebildet ist. In Anlehnung an Grube (2010), die den Aspekt der Generalisierbarkeit und Sicherheit in der Auswertungsphase in ihrem fünfstufigen Niveaumodell beschreibt, sollte das Kodiermanual entsprechend angepasst werden.

Ein bedeutender Fokus in der vorliegenden Arbeit ist der Grad der Vernetzung von Experimentierprozessen. Da zu diesem Forschungsgegenstand noch keine Studien vorliegen und es demzufolge an entsprechenden Instrumenten für die Bewertung des Vernetzungsgrades fehlt, wurde in der vorliegenden Arbeit die Graduierung normativ vorgenommen, wobei die größtmögliche Anzahl an Vernetzungen als Referenzgröße galt. Keine_r der Proband_innen erreichte die höchste Vernetzung von N=21 Phasenwechseln. Zudem liegen einige der Experimentierprozesse an der Grenze zwischen zwei Vernetzungsgraden. Hier bleibt in weiteren Studien zu prüfen, inwiefern sich die Graduierung in drei Stufen bewährt.

6 IMPLIKATIONEN

6.1 Implikationen für den Biologieunterricht

6.1.1.1 Vernetzung der Experimentierphasen

Im Biologieunterricht ist die Zergliederung des Experimentierprozesses in dessen einzelne Phasen und die separate Vermittlung von entsprechenden Kompetenzen hilfreich, um einer Überforderung entgegenzuwirken und den Lernprozess angemessen zu strukturieren (Dumke, 1984; Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). Die Ergebnisse dieser Arbeit geben jedoch Hinweise darauf, dass auch die Vernetzung der Phasen untereinander einen Aspekt erfolgreicher Experimentierprozesse darstellt. Biologieunterricht sollte die Experimentierphasen daher nicht ausschließlich isoliert voneinander vermitteln, sondern den Experimentierprozess als Ganzheit in den Fokus nehmen. Dabei sollten insbesondere Kompetenzen vermittelt werden, welche die Vernetzung der Phasen fokussieren, wie beispielsweise die Einbeziehung der *Fragen/Ziele* und *Hypothesen* in den gesamten Prozessverlauf oder das Abstimmen der *Planung* auf die *Durchführung* des Experiments und die *Auswertung* der Daten. Daher sollten Unterrichtskonzepte entwickelt werden, welche im Gegensatz zu einer rein linearen Vorgehensweise vermehrt zyklische und nicht-lineare Problemlöseprozesse (Park et al., 2009) fördern, um die Vernetzung der Experimentierphasen zu ermöglichen. Problemlöseprozesse sollten offen sein für auftretende Probleme und daraus resultierende Prozessänderungen. Auch Hammann (2008) fordert den Einsatz von Lerngelegenheiten, welche die Vernetzung zwischen theoretischen Ideen und experimentellem Handeln, Instrumenten und ihrer Konstruktion sowie Daten und ihrer Analyse ermöglichen. So fordert auch Höttecke und Rieß (2015), Experimentieraufgaben müssen praktisch-manuelles Handeln ermöglichen und Unsicherheiten und Unvorhersehbarkeiten im Prozess zulassen (ebd.).

6.1.1.2 Entwicklung und Einsatz von Experimentierumgebungen

Die in dieser Arbeit entwickelte Experimentierumgebung kann im Unterricht zum Einsatz kommen und als Beispiel für ein Unterrichtskonzept gelten, welches dem Anspruch der Offenheit für zyklische und nicht-lineare Prozesse (Park et al., 2009) gerecht wird. Hier müssen je nach Altersgruppe die Materialien reduziert oder erweitert und die Sachinformationen angepasst werden. Die Offenheit der Experimentierumgebung ermöglicht es Schüler_innen, ihrem Interesse nachzugehen und eigene Fragestellungen zu untersuchen. Ein solches *Autonomieerleben* ist nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1993) eine wesentliche Grundlage für die Förderung der Motivation. Eine wichtige Voraussetzung für eine derart offene Aufgabe sind Erfahrungen der Schüler_innen bei der Ausführung von Experimenten, die Schritt für Schritt im Unterricht vermittelt werden sollten. Ungeeignet ist eine derart offene Experimentierumgebung, wenn die Schüler_innen über zu wenig Vorwissen über den Gegenstand oder zu wenige Erfahrungen im Experimentieren verfügen. Sie würde zu einer Überforderung der Schüler_innen und zu einem negativen *Kompetenzerleben* führen, welches jedoch hinderlich für die Motivation beim Lernen ist (ebd.). Entsprechende Kompetenzen müssen daher zunächst systematisch erworben werden. Das *Strukturmodell zum Experimentieren* (Kambach et al., in Vorbereitung;

Kambach et al., 2013) stellt einen geeigneten Rahmen für die gezielte Vermittlung von Experimentierkompetenzen dar.

Die Erarbeitung von Experimenten in der Experimentierumgebung kann im Schulkontext auch in Lerntandems oder Kleingruppen erfolgen. Das Erleben sozialer Eingebundenheit erfüllt nach Deci und Ryan (1993) den dritten Aspekt der Motivation.

Die in dieser Arbeit angewandte Methode zur Entwicklung der Experimentierumgebung kann als Beispiel dafür dienen, weitere offene Experimentierumgebungen zu weiteren Kontexten wie Botanik oder Zoologie und in anderen Domänen wie der Chemie oder Physik zu konzipieren. Die zugrundeliegenden Kriterien (siehe Kapitel 3.2.2, Seite 92) wie Authentizität und Bedeutsamkeit lassen sich direkt auf die Aufgaben im Unterricht übertragen. Andere Kriterien wie Anforderungsniveau, Vorwissen, Offenheit oder Ort der Kontrolle müssen an die jeweilige Lerngruppe angepasst werden, zudem müssen die jeweiligen Gegebenheiten (verfügbare Räumlichkeiten, Materialien, Zeit) bei der Konzeption Berücksichtigung finden.

6.2 Implikationen für die universitäre Lehre

Wie auch im Biologieunterricht sollte in der universitären Lehre die Vernetzung der Experimentierphasen stärker in den Fokus genommen werden. Die Ergebnisse der Interviews verdeutlichen, dass die Studierenden überwiegend durch ein detailliertes Skript vorgegebene Experimente durchführen und nur selten Möglichkeiten zum selbständigen Experimentieren sehen (Kapitel 4.2, Seite 157ff.). Derart gelenkte Vorgehensweisen lassen jedoch nur beschränkt Verfahrensfehler wie beispielsweise im Umgang mit Geräten und Materialien oder methodische Fehler wie der mangelhaften Protokollierung der Daten zu. Um Studierenden jedoch die Möglichkeit zu geben, sich mit derartigen Problemen auseinanderzusetzen und um Änderungen im Prozessverlauf zuzulassen, sollten die Lehrangebote an der Universität mehr Freiraum für selbständiges Experimentieren geben. Ein mögliches Konzept für derart offene Lehrkonzepte kann die in der vorliegenden Studie entwickelte Experimentierumgebung darstellen.

Die Ergebnisse bezüglich des Niveaus der Experimentierprozesse zeigen, dass einige der Phasen, Teilphasen und Aspekte im *Strukturmodell zum Experimentieren* von den Studierenden nur selten oder gar nicht durchlaufen wurden (Kapitel 4.2, Seite 150ff.). Beispielsweise kamen viele Aspekte der Phase *Kommunikation/Anwendung* nicht vor. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Kommunikation und Anwendung der Ergebnisse beim Experimentieren in Schule und Universität zu wenig berücksichtigt werden und dementsprechend für die Studierenden nicht unmittelbar Bestandteil eines Experimentierprozesses darstellen. Diese Annahme gilt auch für die *Formulierung von Hypothesen*, die *Planung der Beobachtungs- beziehungsweise Messprozedur*, die *Dokumentation von Prozess und Ergebnissen*, die *Aufbereitung der Daten* sowie den *Bezug der Ergebnisse auf die Hypothese*. Diese Phasen, Teilphasen und Aspekte sollten daher sowohl im Unterricht als auch in der universitären Lehre vermehrt fokussiert werden. Gleiches gilt auch für Kompetenzen, in denen die Experimentierprozesse vermehrt geringe Niveaustufen aufweisen, wie zum Beispiel dem *Bezug des Experiments auf das Phänomen oder Problem*, die *Formulierung von Fragestellungen*, die *Berücksichtigung von Homogenitätsbedingungen*, Kon-

troll- und Störvariablen sowie einen *Kontrollansatz im Experiment*. Diesen Aspekten sollte in der Ausbildung von Lehrer_innen vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt werden, um die Kompetenzen der Studierenden hier gezielter zu fördern und sie angemessen auf ihre berufliche Situation vorzubereiten. Das *Modell problemorientierten Lehrens und Lernens* (MopoLL) von Rieß und Mischo (2017) wurde bereits erfolgreich zur Förderung systemischen Denkens bei Lehramtsstudierenden eingesetzt und stellt aufgrund der Strukturiertheit möglicherweise auch für die Förderung vernetzter Experimentierkompetenzen eine geeignete methodische Basis dar.

6.3 Implikationen für die fachdidaktische Forschung

6.3.1.1 Methodische Vorgehensweise

Das *Strukturmodell zum Experimentieren* stellt eine geeignete Basis für die differenzierte qualitative Analyse von Experimentierprozessen dar und kann in weiteren Studien sinnvoll eingesetzt werden. Je nach Zielstellung kann entweder das vollständige Modell genutzt oder es können einzelne Teilphasen oder Aspekte im Experimentierprozess fokussiert werden. Aufbauend auf die Kategorien des Kodiermanuals können zu einzelnen Aspekten wie beispielsweise zum Umgang mit Fehlern und Problemen weitere Instrumente entwickelt werden, welche für den Einsatz mit größeren Stichproben geeignet sind.

Eine geeignete Möglichkeit für die Erfassung handlungsbezogener Kompetenzen stellen offene Experimentierumgebungen nach der Struktur der in dieser Arbeit eingesetzten Aufgabe dar. Die Kriterien zur Entwicklung einer Experimentierumgebung (siehe Kapitel 3.2.2, Seite 92ff.) können als Grundlage für die Konzeption weiterer Aufgaben in anderen Domänen wie der Physik oder Chemie und zu anderen Kontexten, beispielsweise zur Transpiration bei Pflanzen oder zum Präferenzbereich von Asseln dienen. Hier kann in Anlehnung an Kirchner et al. (2010) der Grad der Offenheit einzelner Dimensionen (Fachinhalt, Strategie, Methode, Lösung, Lösungsweg oder Phase) mithilfe der Vorgabe oder Vorskizzierung für einzelne Experimentierphasen oder auch für den gesamten Experimentierprozess variiert werden. Denkbar ist hier die Vorgabe oder Vorskizzierung einzelner Experimentierphasen (vgl. Arndt, 2016; Meier, 2016), die stärkere Vorgabe von Fachinhalten oder die Einschränkung der Lösungswege durch die Reduktion von vorgegebenen Materialien oder durch Hinweise im Informationsmaterial (vgl. Meier, 2016).

6.3.1.2 Theoretische Annahmen

Eine Reihe von Strukturmodellen in der fachdidaktischen Forschung beschreibt den Experimentierprozess idealisiert als eine lineare Abfolge von Phasen (z. B. Gott & Murphy, 1987; Mayer, 2007). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie, insbesondere die Analyse der individuellen Prozessstrukturen, zeigen demgegenüber vermehrt nicht-lineare Prozessmuster, die eine hohe Anzahl an Wechseln zwischen den Experimentierphasen aufweisen. Derartig vernetzte Prozesse mit zehn oder mehr Vernetzungen zeigen erfolgreichere Lösungswege auf als weniger vernetzte Prozesse. Dies bestärkt die Forderung

einiger Autor_innen, die lineare Struktur dieser Modelle aufzugeben und die Vielfältigkeit der Lösungswege (Park et al., 2009) sowie die Verbindung zwischen den Phasen (Harwood, 2004) stärker zu fokussieren.

6.3.1.3 Forschungsperspektiven

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit verdeutlichen, dass bei der Untersuchung von Experimentierprozessen in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung die Individualität von Prozessstrukturen berücksichtigt werden muss. Da die Ergebnisse nicht auf einen Zusammenhang der Qualität der Prozesse, d. h. den phasenbezogenen Niveaustufen mit bestimmten Prozessverläufen hinweisen, sollte der Prozessverlauf nicht als Grundlage für die qualitative Bewertung von Experimentierprozessen herangezogen werden. Der in den vorliegenden Daten erkennbare positive Zusammenhang zwischen dem Vernetzungsgrad und der Qualität der Experimentierprozesse legt nahe, den Grad der Vernetzung bei der Bewertung von Experimentierprozessen zukünftig einzubeziehen, indem dieser Aspekt in Beurteilungsinstrumenten Berücksichtigung findet.

Aufgrund des hohen Stellenwertes der Durchführungsphase darf die Erfassung von Experimentierkompetenzen im Bereich der *Durchführung* nicht ausschließlich theoretisch, sondern muss auch praktisch erfolgen, damit genügend Offenheit für Veränderungen im Erkenntnisprozess gegeben ist. Derartige Prozessänderungen müssen bei der Auswahl von Aufgabenformaten je nach Fragestellung und Ziel der Untersuchung berücksichtigt werden.

Die normative Graduierung des Vernetzungsgrades war ein erster Schritt dieses Merkmal zu erfassen und zu bewerten. Hieran sollten weitere Studien anknüpfen, welche den Vernetzungsgrad von Experimentierprozessen in den Fokus nehmen und prüfen, inwiefern sich die in der vorliegenden Arbeit vorgenommene Graduierung bewährt und inwiefern sich diese auch auf andere Studien übertragen lässt.

7 FAZIT

Ziel der vorliegenden Studie war es, die individuellen Prozessstrukturen und prozessbezogenen Niveaustufen von Lehramtsstudierenden der Biologie bei der Ausführung eines Experiments zu analysieren. Zu diesem Zweck wurden basierend auf dem *Strukturmodell zum Experimentieren* von Kambach und Kolleg_innen Instrumente, d. h. Kodierleitfäden und -manuale, für die differenzierte Erfassung und Beschreibung von Experimentierprozessen Studierender entwickelt. Diese wurden bezogen auf die eingesetzten Experimentieraufgaben auf ihre Struktur hin evaluiert sowie für die Analyse der genannten Prozessstrukturen und Niveaustufen eingesetzt. Ein herausragendes Merkmal der entwickelten Instrumente stellt die Integration sowohl kognitiver als auch handlungsbezogener Aspekte der Experimentierkompetenz dar.

Unseren Ergebnissen zufolge laufen Experimentierprozesse zumeist nicht nach einem idealtypischen strukturierten Prozessmuster ab; vielmehr überwiegen zyklische, nicht-lineare Prozesse, welche von ständigen Wechseln zwischen den Experimentierphasen geprägt sind. Die qualitativen sowie quantitativen Ergebnisse weisen auf eine zentrale Stellung der *Durchführungsphase* im Experiment hin.

Ein weiteres Ergebnis dieser Arbeit ist, dass Fehler und Probleme im Verlauf des Experiments Prozessänderungen auslösen können, welche eine Steigerung der Qualität des Experiments nach sich ziehen. Derartige Fehler oder Probleme sind meist unmittelbar mit der Handhabung der Geräte und Materialien verbunden und werden dementsprechend durch die praktische Ausübung des Experiments initiiert.

Die Analyse der Experimentierprozesse kann in der vorliegenden Studie dahingehend als innovativ bezeichnet werden, als dass erstmals die Vernetzung der Experimentierphasen in den Fokus genommen und in Beziehung zum Niveau, d. h. zur Qualität der Prozesse gesetzt wird. Die quantitative Analyse der Phasenwechsel verdeutlicht einen geringen, mittleren oder hohen Vernetzungsgrad der unterschiedlichen Experimentierprozesse.

Im Ergebnis stellt sich das Niveau der Experimentierprozesse heterogen dar und zeigt Ausprägungen über alle Niveaustufen hinweg. Besonders der Bezug zum Phänomen beziehungsweise Problem, die Formulierung von Hypothesen sowie viele Aspekte der Auswertung von Experimenten kommen meist nicht vor. Bei Aspekten, die der *Durchführungsphase* zugeordnet sind, sowie bei der *Formulierung einer Fragestellung* weisen die Experimentierprozesse insgesamt vergleichsweise hohe Niveaustufen auf.

In den vorliegenden Daten wurde kein Zusammenhang zwischen dem Niveau der Experimentierprozesse und den in der Literatur beschriebenen Prozessmustern festgestellt. Demzufolge zeigt sich in den Daten nicht, dass bestimmte Prozessmuster erfolgreicher sind als andere. Jedoch weisen die vorliegenden Ergebnisse auf einen positiven Zusammenhang zwischen dem Niveau und dem Vernetzungsgrad des Experimentierprozesses hin. Stark vernetzte Prozesse gehen mit höheren Niveaustufen einher als schwach vernetzte Prozesse. Dieses Ergebnis der vorliegenden Studie stellt einen zentralen Erkenntniszuwachs dar, denn bisher sind noch keine vergleichbaren Untersuchungen zur Vernetzung von Experimentierprozessen bekannt. Ein Zusammenhang zwischen den erreichten Niveaustufen und der

7 Fazit

Fachkombination der Studierenden wurde im Rahmen dieser Studie nicht beobachtet. Die Daten geben dagegen Indizien für einen positiven Zusammenhang zwischen den Niveaustufen der Experimentierprozesse und den wahrgenommenen Lerngelegenheiten der Studierenden; eine besondere Rolle scheinen hier Experimentiererfahrungen im beruflichen Kontext zu spielen.

8 AUSBLICK

Die vorliegende Studie zeigt, dass es für die Erfassung und Beurteilung von Experimentierkompetenzen im Rahmen komplexer, ganzheitlicher Experimentierprozesse nicht ausreicht, die jeweiligen Teilkompetenzen isoliert voneinander zu erheben. Vielmehr sollten sowohl die Kompetenz zur Vernetzung der Experimentierphasen als auch die Vernetzung der unterschiedlichen Teilkompetenzen untereinander stärker in den Fokus fachdidaktischer Forschung rücken. Entsprechende Kompetenzmodelle und Auswertungsinstrumente müssen hierfür entwickelt und evaluiert werden. So sollte etwa zukünftig über die einzelnen Experimentierphasen hinaus die Frage nach der Vernetzung sowie der Zusammenhang dieser mit der Qualität von Experimentierprozessen fokussiert werden.

Hinsichtlich des Vernetzungsgrads von Experimentierprozessen in Zusammenhang mit deren Qualität liegen über die Ergebnisse dieser Arbeit hinaus noch keine Studien vor; demzufolge fehlen aktuell geeignete Auswertungsinstrumente, die etwa über die quantitative Analyse von Phasenwechseln als Maß der Vernetzung hinaus Bedingungsfaktoren derselben messen. Hieran sollten weitere Studien anknüpfen, in denen spezifische Auswertungsinstrumente für die Qualität der Vernetzung zwischen Experimentierphasen entwickelt und die Vernetzung von Experimentierphasen detailliert untersucht werden, indem beispielsweise die Qualität der Vernetzung der *Fragestellung* mit anderen Experimentierphasen wie der *Hypothese*, *Planung* sowie *Auswertung* oder der Einfluss einer stark vernetzten *Fragestellung* oder *Hypothese* auf die Qualität des Experimentierprozesses analysiert werden. Zudem sollten an diesem Punkt Implikationsstudien ansetzen, welche spezifische Materialien zur Förderung der Vernetzung von Experimentierphasen entwickelt und forschungsbasiert evaluieren.

Zion et al. (2004) beschreiben die hohe Bedeutung der Literaturrecherche für den Bezug der Ergebnisse zu anderen Forschungsaspekten, ein Aspekt, der keinen Bestandteil der vorliegenden Studie darstellte. Diese Teilkategorie sollte aufgrund seiner zentralen Stellung im Experimentierprozess in folgenden Studien eingehender analysiert werden. Zu diesem Zwecke kann das *Informationsnutzungsmodell* von Rollett (2008) hinzugezogen werden, welches den Umgang mit Systeminformationen modelliert. Weiter sollte eine Erweiterung des *Strukturmodells zum Experimentieren* um den Aspekt *Theoriebezug* überdacht und der Aspekt in den Auswertungsinstrumenten entsprechend berücksichtigt werden, was mit den hier verwendeten Instrumenten nicht ausreichend erfolgen konnte, für den Experimentierprozess jedoch von Bedeutung ist (Hamann, 2004). Dabei sollte eine Verbindung zur Teilkategorie *Recherche* hergestellt werden, *welche die Suche nach Informationen in der Theorie beinhaltet*, um diese Verbindung zwischen der Theorie und Experiment herzustellen (ebd.). Hinsichtlich des heterogenen Gebrauchs von Fachsprache unter Studierenden und ihrer Relevanz bezüglich naturwissenschaftlicher Grundbildung (Lemke, 1990) und Unterrichtsqualität (Wüsten, 2008) sollte unter Verwendung bereits bestehender Instrumente (Nitz, 2012) dieser Aspekt in weiteren Studien eingehender analysiert werden. Denkbar wäre hier auch die Erweiterung des Instruments zur Bewertung der Niveaustufen um den Aspekt *Fachsprache*. Nitz (2012) betont in ihrer Studie die Notwendigkeit, fachsprachliche Aspekte auch in die Lehreraus- und weiterbildung zu integrieren, indem effektive und implementierbare Instrumente und Materialien für den Unterricht forschungsbasiert entwickelt und erprobt sowie in der Praxis eingesetzt werden.

9 DANK

Viele Menschen haben mich auf meinem Weg begleitet und unterstützt und zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Ein besonderer Dank richtet sich an meine Doktormutter, Prof. Dr. Annette Upmeier zu Belzen, die mich viele Jahre lang sowohl fachlich als auch persönlich begleitet hat; sie ist mir stets ein Vorbild gewesen. Sie war auch zu unkonventionellen Zeiten immer für mich da und hat mich mit ihren kritischen Fragen und ihrer Hartnäckigkeit zu dem Punkt gebracht, an dem ich jetzt stehe. Ohne die Möglichkeit, jederzeit an jedem Ort arbeiten zu dürfen wäre diese Arbeit nicht entstanden. Insbesondere bedanke ich mich für das Verständnis, dass jede von uns mit ihrer Persönlichkeit anders mit Herausforderungen umgeht und für die Offenheit, das Vertrauen und die Zuversicht, dass wir dennoch (oder gerade deshalb) alle auf unseren eigenen Wegen zum Ziel kommen. Mein Projekt hat sich unter anderem in enger Zusammenarbeit mit Dr. Kerstin Arndt geformt, ihr danke ich für die tolle Zusammenarbeit über den ganzen Globus hinweg und die vielen kritisch-konstruktiven Diskussionen bis zum Ende meiner Arbeit. Ebenso möchte ich Herrn Prof. Dr. Rüdiger Tiemann danken, er warf oft einen anderen Blick auf die Arbeit. Prof. Dr. Philipp Schmiemann hat mir als Mentor in den letzten Jahren zur Seite gestanden und mich in den entscheidenden Momenten aufgebaut. Er hat mir dabei geholfen, immer das Wesentliche zu fokussieren und dabei stets das Ziel im Auge zu behalten. Für die schöne Zeit, die lustigen Stunden und den fachlichen Austausch bedanke ich mich bei meinen Kolleg_innen der Abteilung Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie. Alexandra, Daniela und Sabine, euch danke ich ganz besonders für eure Zeit und die kritischen und hilfreichen Kommentare zu meiner Arbeit. Besten Dank an alle Helfer_innen, die mich während meiner Arbeit unterstützt und mir durch Literaturbeschaffung, Zweitkodierung oder Unterstützung im Labor zugearbeitet haben. Ein weiterer Dank gilt meinen Proband_innen, die mir so viele Stunden ihrer Freizeit schenkten, für die motivierte Mitarbeit und die kreativen Ideen, die so vielfältige Daten hervorgebracht haben.

Schließlich möchte ich mich bei meiner lieben Familie und meinen wunderbaren Freunden bedanken, welche immer an mich geglaubt haben. Meinen Eltern danke ich für die Offenheit für meinen Lebensweg und die bedingungslose Unterstützung sowie meinen Geschwistern für die warmen und unterstützenden Worte, besonders in turbulenten Zeiten. Ein ganz besonderer Dank gilt meinem Mann, der alles möglich machte, um mich zu unterstützen. Danke für das Verständnis, dass es, seit wir uns kennen (und das sind nun schon 13 Jahre) keinen Urlaub ohne Arbeit gab. Meinen beiden Kindern bin ich dankbar dafür, dass ihr so oft allein mit Papa in den Urlaub gefahren seid; dafür, dass ihr jeden Tag zu einem Erlebnis macht. Und ich bedanke mich für ihr Lachen und ihr leuchtenden Augen, die mir immer wieder gezeigt haben, was wirklich wichtig ist. Ein letzter Dank gilt meiner Mutter, die diesen Moment leider nicht mehr miterleben kann. Sie hat mir so vieles von dem mitgegeben, was mich auf meinem Weg begleitet und unterstützt hat. Ich bin mir sicher, sie wäre stolz darauf. In meinen Gedanken wird sie mich bis zum Ende dieser Arbeit und darüber hinaus begleiten. Danke an Alle. Ihr habt mich mit Geduld und Zuversicht durch die Höhen und Tiefen der Promotionszeit geleitet und in stürmischen Zeiten liebevoll unterstützt und aufgebaut. Ich bin sehr dankbar, jeden Einzelnen von euch an meiner Seite zu haben.

10 LITERATURVERZEICHNIS

- AERA, APA & NCME. (2014). *Standards for educational and psychological testing*. Washington, DC: American Educational Research Association.
- Aguirre, J. M., Haggerty, S. M. & Linder, C. J. (1990). Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12 (4), 381-390. <https://doi.org/10.1080/0950069900120405>
- Amelang, M. & Schmidt-Atzert, L. (2006). *Psychologische Diagnostik und Intervention. [mit 3 neuen Anwendungsfeldern]* (Springer-Lehrbuch, 4., vollst. überarb. u. erw. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer Medizin. <https://doi.org/10.1007/3-540-28507-5>
- Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A. & Wong, B. (2015). "Science capital". A conceptual, methodological, and empirical argument for extending bourdieusian notions of capital beyond the arts. *Journal of Research in Science Teaching*, 52. <https://doi.org/10.1002/tea.21227>
- Arndt, K. (2016). *Experimentierkompetenz erfassen - Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 202). Berlin: Logos Verlag Berlin.
- Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen. Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe* (BIOLOGIE lernen und lehren, Bd. 10). Berlin: Logos Berlin.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2012). Wissenschaftliches Denken beim Experimentieren – Kompetenzdiagnose in der Sekundarstufe II. In D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen, P. Schmiemann & A. Möller (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 11* (S. 7-20).
- Arnold, J. C., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36 (16), 2719-2749. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>
- Aschbacher, P. R. (1991). Performance Assessment: State Activity, Interest, and Concerns. *Applied Measurement in Education*, 4 (4), 275-288. https://doi.org/10.1207/s15324818ame0404_2
- Atkinson, P. (2005). Qualitative Research - Unity and Diversity. *Forum: Qualitative Social Research*, 6 (3).
- Aufschnaiter, C. von & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? How can the development of competences be described? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 16, 95-114.
- Aufschnaiter, S. von, Aufschnaiter, C. von & Schoster, A. (2000). Zur Dynamik von Bedeutungsentwicklung unterschiedlicher Schüler(innen) bei der Bearbeitung derselben Physik-Aufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 6, 37-57.
- Aufschnaiter, S. von & Welzel, M. (1997). Wissensvermittlung durch Wissensentwicklung. Das Bremer Komplexitätsmodell zur quantitativen Beschreibung von Bedeutungsentwicklung und Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 3 (2), 43-57.
- Ayala, C. C., Shavelson, R. J., Yin, Y. & Schultz, S. E. (2002). Reasoning Dimensions Underlying Science Achievement: The Case of Performance Assessment. *Educational Assessment*, 8 (2), 101-121. https://doi.org/10.1207/S15326977EA0802_02
- Baker, E.L. & Mayer, R.E. (1999). Computer-based assessment of problem solving. *Computers in Human Behavior*, 15 (3-4), 269-282. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(99\)00023-0](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(99)00023-0)

- Baltas, A., Vosniadou, S. & Vamvakoussi, X. (Eds.). (2007). *Re-framing the conceptual change approach in learning and instruction* (Advances in learning and instruction series, 1st ed.). Amsterdam: Elsevier in association with the European Association for Learning and Instruction.
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen* (Springer-Lehrbuch). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/3-540-29460-0>
- Bartholomew, H., Osborne, J. & Ratcliffe, M. (2004). Teaching students "ideas-about-science": Five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88 (5), 655-682. <https://doi.org/10.1002/sce.10136>
- Bauer, H. H. (1994). *Scientific literacy and the myth of the scientific method* (Illini books). Urbana Ill. u.a.: Univ. of Illinois Press.
- Bauer, J., Drechsel, B., Retelsdorf, J., Sporer, T., Rösler, L., Prenzel, M. et al. (2010). Panel zum Lehramtsstudium-PaLea: Entwicklungsverläufe zukünftiger Lehrkräfte im Kontext der Reform der Lehrerbildung. *Beiträge zur Hochschulforschung*, 32 (2), 34-55.
- Baumert, J. (2002). Deutschland im internationalen Bildungsvergleich. In N. Killius, J. Kluge & L. Reisch (Hrsg.), *Die Zukunft der Bildung* (Edition Suhrkamp, Bd. 2289, Orig.-Ausg., 1. Aufl., S. 100-150). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Baumert, J., Stanat, P. & Demmrich, A. (2001). PISA 2000: Untersuchungsgegenstand, theoretische Grundlagen und Durchführung der Studie. In Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.), *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (S. 15-68).
- Baxter, G. P., Elder, A. D. & Glaser, R. (1994). *Cognitive Analysis of a Science Performance Assessment*. Los Angeles: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing.
- Baxter, G. P. & Glaser, R. (1998). Investigating the Cognitive complexity of Science Assessments. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 17 (3), 37-45. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.1998.tb00627.x>
- Baxter, G. P. & Shavelson, R. J. (1994). Science Performance Assessments: Benchmarks and Surrogates. *International Journal of Educational Research*, 21 (3), 279-298. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(06\)80020-0](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(06)80020-0)
- Baxter, G. P., Shavelson, R. J., Goldman, S. R. & Pine, J. (1992). Evaluation of Procedure-Based Scoring for Hands-On Science Assessment. *Journal of Educational Measurement*, 29 (1), 1-17. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3984.1992.tb00364.x>
- Bayrhuber, H., Hauber, W. & Linder, H. (Hrsg.). (2012). *Linder-Biologie. Lehrbuch für die Oberstufe* (23., neu bearbeitete Auflage, Druck A 3). Braunschweig: Schroedel.
- Beaumont-Walters, Y. & Soyibo, K. (2001). An Analysis of High School Students' Performance on Five Integrated Science Process Skills. *Research in Science & Technological Education*, 19 (2), 133-145. <https://doi.org/10.1080/02635140120087687>
- Bell, P. & Linn, M. C. (2010). Scientific arguments as learning artifacts. Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22 (8), 797-817. <https://doi.org/10.1080/095006900412284>
- Ben-Zwi, A., Galili, U., Russell, A. & Schlesinger, M. (1977). Age-associated changes in subpopulations of human lymphocytes. *Clinical immunology and immunopathology*, 7 (1), 139-149.
- Bergen, D. (1993). Teaching Strategies. Authentic Performance Assessments. *Childhood Education*, 70 (2), 99-102. <https://doi.org/10.1080/00094056.1993.10521005>
- Bernholt, S. (2010). *Kompetenzmodellierung in der Chemie. Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität*. Dissertation, Carl von Ossietzky Universität. Oldenburg.

- Bernholt, S., Parchmann, I. & Commons, M. L. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 15, 219-245.
- Beveridge, W. I. B. (1961). *The art of scientific investigation*. [Rev. ed.]. New York: Norton.
- Bickel, H., Haala, G., Claus, R., Frank, R., Schweizer, J. & Wichert, G. (2007). *Natura - Biologie für Gymnasien* (1. Aufl., [Dr.] 1). Stuttgart: Klett.
- Böhme, G. (1974). Die Bedeutung von Experimentalregeln für die Wissenschaft. *Zeitschrift für Soziologie*, 3 (1), 5-17.
- Bortz, J. & Lienert, G. A. (2003). *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung. Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben ; mit 91 Tabellen* (Springer-Lehrbuch, 2. Aufl.). Kapitel 6: Übereinstimmungsmaße für subjektive Merkmalsbeurteilungen. Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation. Für Human- und Sozialwissenschaftler ; mit 87 Tabellen* (Springer-Lehrbuch Bachelor, Master, 4., überarb. Aufl., [Nachdr.]. Heidelberg: Springer-Medizin-Verl.
- Breil, R. (2011). *Die Grundlagen der Naturwissenschaft. Zu Begriff und Geschichte der Wissenschaftstheorie*. Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Brell, K., Theyßen, H., Schecker, H. & Schumacher, D. (2008). Computer vs. Realexperiment - empirische Ergebnisse zum Lernerfolg. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 28, S. 32-34). Münster: Lit.
- Brennan, R. L. & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa. Some Uses, Misuses, and Alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41 (3), 687-699.
<https://doi.org/10.1177/001316448104100307>
- Breslyn, W. & McGinnis, J. R. (2012). A comparison of exemplary biology, chemistry, earth science, and physics teachers' conceptions and enactment of inquiry. *Science Education*, 96 (1), 48-77.
<https://doi.org/10.1002/sce.20469>
- Brewer, W. & Samarapungavan, A. (1991). Children's theories vs. scientific theories: Differences in reasoning or differences in knowledge. In R. R. Hoffman & D. S. Palermo (Eds.), *Cognition and the symbolic processes. Applied and ecological perspectives* (pp. 209-232). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
Zugriff am 12.06.2016. Verfügbar unter https://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=0D-YA-gAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA209&dq=Children%E2%80%99s+theories+vs.+scientific+theories:+Differences+in+reasoning+or+differences+in+knowledge&ots=9pzPB3MQh5&sig=hM_hWDgy7m9Kgl6i52PWPRHXfs8
- Brewer, W. F. (2001). Models in science and mental models in scientists and nonscientists. *Mind & Society*, 2 (2), 33-48. <https://doi.org/10.1007/BF02512358>
- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' Beliefs About the Nature of Science and Their Relationship to Classroom Practice. *Journal of Teacher Education*, 41 (53), 53-62.
- Brown, C. R., Moore, J. L., Silkstone, B. E. & Botton, C. (1996). The Construct Validity and Context Dependency of Teacher Assessment of Practical Skills in Some Pre-university Level Science Examinations. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 3 (3), 377-392.
<https://doi.org/10.1080/0969594960030306>
- Brown, C. R., Pacini, D. J. & Taylor, D. J. (1992). Two Different Methods of Assessing Practical Skills at an Advanced Level Examination in Biology: demonstration of construct validity or the appraisal of non-events? *Research in Science & Technological Education*, 10 (1), 23-35.
<https://doi.org/10.1080/0263514920100103>
- Brückmann, M. & Duit, R. (2014). Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*

- (SpringerLink: Bücher, S. 189-201). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_16
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T. et al. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 521-544. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0166-1>
- Buber, R. (2009). Denke-Laut-Protokolle. In R. Buber & H. H. Holzmüller (Hrsg.), *Qualitative Marktforschung. Konzepte - Methoden - Analysen* (Lehrbuch, 2., überarbeitete Auflage, S. 555-568).
- Buchegger, C., Keller, E. & Kapelari, S. (2016). Students' Understanding of Scientific Inquiry: A Formative Concept Map Study. In *New Perspectives in Science Education. Conference Proceedings* (S. 477-482). libreriauniversitaria.it. Zugriff am 14.03.2016. Verfügbar unter <https://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=qe-oCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA477&dq=Students%27+Understanding+of+Scientific+Inquiry:+A+Formative+Concept+Map+Study&ots=zKNEawqvNm&sig=6WJMsOo3hfurISQm7R-w6lrJil>
- Bullock, M., Sodian, B. & Koerber, S. (2009). Doing experiments and understanding science: Development of scientific reasoning from childhood to adulthood. In M. Bullock & W. Schneider (Eds.), *Human development from early childhood to early adulthood. Findings from a 20 year longitudinal study* (pp. 173-197). New York: Psychology Press.
- Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. In F. E. Weinert & W. Schneider (Eds.), *Individual development from 3 to 12. Findings from the Munich longitudinal study* (pp. 38-54). Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Burns, J. C., Okey, J. R. & Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skill test: TIPS II. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (2), 169-177. <https://doi.org/10.1002/tea.3660220208>
- Bybee, R., Fensham, P. J., Laurie, R. & Fensham, P. (2009). Scientific literacy and contexts in PISA 2006 science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (8), 862-864. <https://doi.org/10.1002/tea.20332>
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving Scientific Literacy. From Purposes to Practices*: Pearson Education Limited.
- Bybee, R. W. (2000). Teaching Science as Inquiry. In J. Minstrell (Ed.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (AAAS Publication, 00-1S, pp. 20-46). Washington: AAAS.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur allgemeinen Bildung* (S. 21-43). Opladen: Leske und Budrich.
- Bybee, R. W. (2005). Scientific Inquiry and Science Teaching. In L.B. Flick & N.G. Lederman (Hrsg.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education. Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (S. 1-14). Springer-Verlag New York Inc.
- Can, Ş. & Kaymakci, G. (2016). Pre-service Science Teachers' Perception of the Principles of Scientific Research. *Journal of Education and Training Studies*, 4 (10). <https://doi.org/10.11114/jets.v4i10.1758>
- Carey, S. (1985). Are Children Fundamentally Different Kinds of Thinkers and Learners Than Adults? In J. W. Segal, S. F. Chipman & R. Glaser (Hrsg.), *Thinking and learning skills. Research and Open Questions* (Volume 2, S. 485-518). Hillsdale: Erlbaum.
- Carey, S. (1989). An experiment is when you try it and see if it works. *International Journal of Science Education*, 11, 514-529.

- Chalmers, A. F. (2001). *Wege der Wissenschaft. Einführung in die Wissenschaftstheorie* (5. Aufl.). Berlin: Springer.
- Champagne, A. B. & Newell, S. T. (1992). Directions for research and development: alternative methods of assessing scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (8), 841-860. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290807>
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70 (5), 1098-1120.
- Chiappetta, E. L. (1997). Inquiry-based science. *Science Teacher*, 64, 22-26.
- Chin, C., Goh, N.-K., Chia, L.-S., Lee, K.-W. L. & Soh, K.-C. (1994). Pre-Service Teachers' Use of Problem-Solving in Primary Science. *Research in Science Education*, 24, 41-50.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. *Review of Educational Research*, 63 (1), 1-49. <https://doi.org/10.3102/00346543063001001>
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (6), 623-654. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199808\)35:6<623::AID-TEA3>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6<623::AID-TEA3>3.0.CO;2-O)
- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002a). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86 (2), 175-218. <https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002b). Children's responses to anomalous scientific data. How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology*, 94 (2), 327-343. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.2.327>
- Cicchetti, D. V. & Feinstein, A. R. (1990). High agreement but low kappa. II. Resolving the paradoxes. *Journal of Clinical Epidemiology*, 43 (6), 551-558. [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(90\)90159-M](https://doi.org/10.1016/0895-4356(90)90159-M)
- Clasen, H. *Die Messung von Lernerfolg. Eine grundsätzliche Aufgabe der Evaluation von Lehr- bzw. Trainingsinterventionen*. Dissertation, Technischen Universität Dresden. Dresden. Zugriff am 01.03.2017. Verfügbar unter <http://d-nb.info/1008623563/34>
- Clausen, M., Reusser, K. & Klieme, E. (2003). Unterrichtsqualität auf der Basis hoch-inferenter Unterrichtsbeurteilungen. Ein Vergleich zwischen Deutschland und der deutschsprachigen Schweiz. *Unterrichtswissenschaft*, 31 (2), 122-141.
- Comber, L. C. & Keeves, J. P. (1973). *Science education in nineteen countries. An empirical study* (International studies in evaluation, Bd. 1). New York NY u.a.: Wiley [u.a.].
- Conant, J. B. (1964). *Two Modes of Thought*: Trident Press.
- Corbin, J. M. & Strauss, A. L. (1990). Grounded Theory Research: Procedures, Canons, and Evaluative Criteria. *Qualitative Sociology*, 13 (1), 3-21.
- Corbin, J. M. & Strauss, A. L. (2008). *Basics of qualitative research. Techniques and procedures for developing grounded theory* (3. ed.). Los Angeles, Calif.: Sage Publ.
- Corbin, J. M. & Strauss, A. L. (2015). *Basics of qualitative research. Techniques and procedures for developing grounded theory* (4. ed.). Los Angeles Calif. u.a.: Sage.
- Cox, R. (1999). Representation construction, externalised cognition and individual differences. *Learning and Instruction*, 9 (4), 343-363. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(98\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(98)00051-6)
- Cronbach, L. J., Linn, R. L., Brennan, R. L. & Haertel, E. H. (1997). Generalizability Analysis for Performance Assessments of Student Achievement or School Effectiveness. *Educational and Psychological Measurement*, 57 (3), 373-399. <https://doi.org/10.1177/0013164497057003001>

- Crujeiras-Pérez, B. & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2016). High school students' engagement in planning investigations. Findings from a longitudinal study in Spain. *Chem. Educ. Res. Pract.*
<https://doi.org/10.1039/C6RP00185H>
- Danipog, d. L. (2015). Exploring Teachers' Science Inquiry Practices and Students' Inquiry Skills. In ESERA (Hrsg.), *Part 3, Strand 3: Science teaching processes* (Bd. 3, Bd. 3, S. 450-456).
- Dawes, R. M. (2001). *Everyday irrationality. How pseudo-scientists, lunatics, and the rest of us systematically fail to think rationally*. Boulder Colo.: Westview Press.
- Dawson, C. J. & Rowell, J. A. (1986). All Other Things Equal: a study of science graduates solving control of variables problems. *Research in Science & Technological Education*, 4 (1), 49-60.
<https://doi.org/10.1080/0263514860040106>
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39 (2), 223-238.
- DeJong, O. & van der Valk, T. (2007). Science Teachers' PCK and Teaching Practice: Learning to scaffold students' open-inquiry learning. In R. Pintó & D. Couso (Hrsg.), *Contributions from Science Education Research* (S. 107-118). Dordrecht: Springer. Zugriff am 13.10.10. Verfügbar unter <http://www.springerlink.com/content/j24255gg03777727/fulltext.pdf>
- Denzin, N. K. (1989). *The research act. A theoretical introduction to sociological methods* (3rd ed.). Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I. (2007a). *Studien- und Prüfungsordnung Bachelorstudium Chemie. Kernfach und Zweitfach im Kombinationsstudiengang mit Lehramtsoption* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 69). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Psychologisches Institut der Universität Heidelberg. (2007b). *Studien- und Prüfungsordnung für das Bachelorstudium Grundschulpädagogik. Kernfach und Zweitfach im Kombinationsstudiengang mit Lehramtsoption* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 82). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I. (2007c). *Studien- und Prüfungsordnung Lehramtsmaster Biologie. Amt des Studienrats / der Studienrätin, Amt des Studienrates / der Studienrätin mit einer beruflichen Fachrichtung* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 101). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II. (2007d). *Studien- und Prüfungsordnung Lehramtsmaster Geographie. Amt der Lehrerin/des Lehrers, Amt der Lehrerin/des Lehrers mit fachwissenschaftlicher Ausbildung in zwei Fächern, Amt der Lehrerin/des Lehrers an Sonderschulen/für Sonderpädagogik* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 113). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II. (2007e). *Studien- und Prüfungsordnung Lehramtsmaster Geographie. Amt des Studienrats / der Studienrätin, Amt des Studienrates / der Studienrätin mit einer beruflichen Fachrichtung* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 114). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II. (2007f). *Studien- und Prüfungsordnung Lehramtsmaster Mathematik. Amt der Lehrerin/des Lehrers, Amt der Lehrerin/des Lehrers mit fachwissenschaftlicher Ausbildung in zwei Fächern, Amt der Lehrerin/des Lehrers an Sonderschulen/für Sonderpädagogik* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 132). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II. (2007g). *Studien- und Prüfungsordnung Lehramtsmaster Mathematik. Amt des Studienrats / der Studienrätin, Amt des Studienrates / der Studienrätin mit einer beruflichen Fachrichtung* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 99). Berlin.

- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I. (2007h). *Studien- und Prüfungsordnung Lehramtmaster Physik. Amt der Lehrerin/des Lehrers, Amt der Lehrerin/des Lehrers mit fachwissenschaftlicher Ausbildung in zwei Fächern, Amt der Lehrerin/des Lehrers an Sonderschulen/für Sonderpädagogik* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 120). Berlin. Zugriff am 14.02.2017. Verfügbar unter <https://gremien.hu-berlin.de/de/amb/2007/120/12020070>
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I. (2007i). *Studien- und Prüfungsordnung Lehramtmaster Physik. Amt des Studienrats / der Studienrätin, Amt des Studienrates / der Studienrätin mit einer beruflichen Fachrichtung* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 121). Berlin. Verfügbar unter <https://gremien.hu-berlin.de/de/amb/2007/121/12120070>
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I. (2007j, 8. Oktober). *Studien- und Prüfungsordnung für das Bachelorstudium Biologie. Kernfach und Zweitfach im Kombinationsstudiengang mit Lehramtsoption*. Amtliches Mitteilungsblatt (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 68). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Philosophische Fakultät IV. (2008a). *Erste Änderung der Studien- und Prüfungsordnung für das Bachelorstudium Sportwissenschaft. mit Lehramtsoption* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 53). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I. (2008b). *Studien- und Prüfungsordnung Lehramtmaster Chemie. Amt der Lehrerin/des Lehrers, Amt der Lehrerin/des Lehrers mit fachwissenschaftlicher Ausbildung in zwei Fächern, Amt der Lehrerin/des Lehrers an Sonderschulen/für Sonderpädagogik* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 3). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I. (2008c). *Studien- und Prüfungsordnung Lehramtmaster Chemie. Amt des Studienrats / der Studienrätin, Amt des Studienrates / der Studienrätin mit einer beruflichen Fachrichtung* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 04). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Philosophische Fakultät IV. (2008d). *Studien- und Prüfungsordnung Lehramtmaster Sport. Amt der Lehrerin/des Lehrers, Amt der Lehrerin/des Lehrers mit fachwissenschaftlicher Ausbildung in zwei Fächern, Amt der Lehrerin/des Lehrers an Sonderschulen/für Sonderpädagogik* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 5). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Philosophische Fakultät II. (2008e). *Studien- und Prüfungsordnung Lehramtmaster Sport. Amt des Studienrates/der Studienrätin, Amt des Studienrates/der Studienrätin mit einer beruflichen Fachrichtung* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 66). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II. (2011a). *Erste Änderung der Studien- und Prüfungsordnung für das Bachelorstudium Mathematik. Kernfach und Zweitfach im Kombinationsstudiengang mit Lehramtsoption* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 28). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II. (2011b). *Studien- und Prüfungsordnung Bachelorstudium Geographie. Kernfach und Zweitfach im Kombinationsstudiengang mit Lehramtsoption* (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 30). Berlin.
- Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I. (2011c). *Studien- und Prüfungsordnung für das Bachelorstudium Physik. Kernfach im Kombinationsstudiengang mit Lehramtsbezug; Zweitfach im Kombinationsstudiengang mit Lehramtsoption*. Studien- und Prüfungsordnung (Amtliches Mitteilungsblatt Nr. 41). Berlin.

- DfES & QCA (Hrsg.). (2004). *Science. The National Curriculum for England*. London: Dept. for Education and Employment.
- Ding, L., Wei, X. & Liu, X. (2016). Variations in University Students' Scientific Reasoning Skills Across Majors, Years, and Types of Institutions. *Research in Science Education*.
<https://doi.org/10.1007/s11165-015-9473-y>
- Dinkelaker, J. (2009). *Erziehungswissenschaftliche Videographie. Eine Einführung*. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.
- Dinkelaker, J. (2010). Simultane Sequentialität. Zur Verschränkung von Aktivitätssträngen in Lehr-Lernveranstaltungen und zu ihrer Analyse. In M. Corsten, M. Krug & C. Moritz (Hrsg.), *Videographie praktizieren. Herangehensweisen, Möglichkeiten und Grenzen* (S. 91-118). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden.
- Diriwächter, R., Valsiner, J. & Sauck, C. (2005). Durch Aktualgenese zum Selbstverstehen: Konstruktives "Recycling" von Personality Inventory Items. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 6 (1). Verfügbar unter <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/download/520/1127>
- Dittmer, A. (2010). *Nachdenken über Biologie. Über den Bildungswert der Wissenschaftsphilosophie in der akademischen Biologielehrerbildung*. Scientific Literacy im Studium. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.
- Doerner, D. (1980). On the Difficulties People have in Dealing with Complexity. *Simulation & Games*, 11 (1), 87-106.
- Doran, R. L., Fraser, B. J., Giddings, G. J. & DeTure, L. (1995). Science laboratory skills among grade 9 students in Western Australia. *International Journal of Science Education*, 17 (1), 27-44.
<https://doi.org/10.1080/0950069950170103>
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (Springer-Lehrbuch, 5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Dörner, D. (1989). *Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen* (rororo rororo-Sachbuch rororo science, Bd. 19314, 10. Aufl.). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Downing, J. E. & Filer, J. D. (1999). Science process skills and attitudes of preservice elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 11 (2), 57-64.
<https://doi.org/10.1007/BF03173838>
- Dresing, T. & Pehl, T. (2010). Transkription. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 723-733). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Dresing, T. & Pehl, T. (2013). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende* (5. Aufl.). Marburg: Dresing.
- Driver, R. (2007). Pupils' Alternative Frameworks in Science. *European Journal of Science Education*, 3 (1), 93-101. <https://doi.org/10.1080/0140528810030109>
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young Peoples Images of Science*: Open University Press.
- Dubs, R. (2002). Science Literacy: Eine Herausforderung für die Pädagogik. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur allgemeinen Bildung* (S. 69-82). Opladen: Leske und Budrich.
- Duden. *Die deutsche Rechtschreibung*. (2013) (26., völlig neu bearb. und erw. Aufl.). Mannheim: Bibliographisches Institut.

- Dudu, W. T. & Vhurumuku, E. (2012). Teachers' Practices of Inquiry When Teaching Investigations: A Case Study. *Journal of Science Teacher Education*, 23 (6), 579-600.
<https://doi.org/10.1007/s10972-012-9287-y>
- Duggan, S. & Gott, R. (2000). Understanding evidence in investigations. the way to a more relevant curriculum? In J. Sears & P. Sorensen (Hrsg.), *Issues in science teaching* (Issues in subject teaching series, S. 60-69). London: RoutledgeFalmer.
- Duggan, S., Johnson, P. & Gott, R. (1996). A critical point in investigative work: Defining variables. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (5), 461-474. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199605\)33:5<461::AID-TEA1>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199605)33:5<461::AID-TEA1>3.0.CO;2-P)
- Dumke, D. (1984). Die hierarchische Strukturierung von Unterrichtsinhalten als Lernhilfe in der Grundschule. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 31 (1), 43-49.
- Dunbar, K. (1993). Concept Discovery in a Scientific Domain. *Cognitive Science*, 17, 397-434.
- Dunbar, K. & Klahr, D. (1989). Developmental Differences in Scientific Discovery Process. In H. A. Simon, D. Klahr & K. Kotovsky (Hrsg.), *Complex information processing. The impact of Herbert A. Simon*. Hillsdale: L. Erlbaum Associates.
- Dunbar, S. B., Koretz, D. M. & Hoover, H. D. (1991). Quality Control in the Development and Use of Performance Assessments. *Applied Measurement in Education*, 4 (4), 289-303.
https://doi.org/10.1207/s15324818ame0404_3
- ECC (Hrsg.). (2004). *Europe needs more scientists* (European Commission, Bd. 21224). Luxembourg: EUR-OP; Office for Official Publications of the European Communities.
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 118). Berlin: Logos-Verlag.
- Emden, M. & Sumfleth, E. (2016). Assessing Students' Experimentation Processes in Guided Inquiry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14 (1), 29-54.
<https://doi.org/10.1007/s10763-014-9564-7>
- Enger, S. K. & Yager, R. E. (1998). *The Iowa Assessment Handbook: The Iowa-SS&C Project*, Science Education Center, 769 Van Allen Hall, The University of Iowa, Iowa City, IA 52242-1478 (\$15). Verfügbar unter <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED424286.pdf>
- Eraut, M. (2004). Informal learning in the workplace. *Studies in Continuing Education*, 26 (2), 247-273. <https://doi.org/10.1080/158037042000225245>
- Erickson, F. (2006). Definition and Analysis of Data from Videotape. Some Research Procedures and their Rationales. In J. L. Green, G. Camilli & P. B. Elmore (Hrsg.), *Handbook of complementary methods in education research* (Bd. 3, S. 177-192).
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis. Verbal Reports as data*. Cambridge: MIT Press.
- Eschenhagen, D., Gropengießer, H., Etschenberg, K., Kattmann, U., Bühs, R. & Harms, U. (2010). *Fachdidaktik Biologie. Die Biologiedidaktik* (8., durchges. Aufl., [Nachdr.]. Köln: Aulis-Verl.
- Etkina, E., Brookes, D., Murthy, S., Karelina, A., Ruibal Villaseñor, M. & van Heuvelen, A. (2006). Developing And Assessing Student Scientific Abilities. In D. Deeds & B. Calleen (Hrsg.), *Proceedings of the National STEM Assessment Conference* (S. 68-80).
- Evans, R., Luft, J. & Czerniak, C. (2014). *The Role of Science Teachers' Beliefs in International Classrooms. From teacher actions to student learning*. Rotterdam: SensePublishers.
<https://doi.org/10.1007/978-94-6209-557-1>

- Feinstein, A. R. & Cicchetti, D. V. (1990). High agreement but low Kappa. I. the problems of two paradoxes. *Journal of Clinical Epidemiology*, 43 (6), 543-549. [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(90\)90158-L](https://doi.org/10.1016/0895-4356(90)90158-L)
- Fischer, H. E. & Draxler, D. (2007). Konstruktion und Bewertung von Physikaufgaben. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (Springer-Lehrbuch, S. 639-655). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34091-1_21
- Fleiss, J. L. & Cohen, J. (1973). The Equivalence of Weighted Kappa and the Intraclass Correlation Coefficient as Measures of Reliability. *Educational and Psychological Measurement*, 33 (3), 613-619. <https://doi.org/10.1177/001316447303300309>
- Fleiss, J. L., Levin, B. A. & Paik, M. C. (2003). *Statistical methods for rates and proportions* (3rd ed. /). Hoboken: J. Wiley.
- Flick, U. (1987). *Methodenangemessene Gütekriterien in der qualitativ-interpretativen Forschung*: dgvt-Verl. Verfügbar unter http://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/document/2586/1/ssoar-1987-flick-methodenangemessene_gutekriterien_in_der_qualitativ-interpretativen.pdf
- Flick, U. (2005). Design and process in qualitative research. In U. Flick (Hrsg.), *A companion to qualitative research* (Repr, S. 146-152). London u.a.: Sage Publ.
- Flick, U. (2007). Zur Qualität qualitativer Forschung – Diskurse und Ansätze. In U. Kuckartz, H. Grunenberg & T. Dresing (Hrsg.), *Qualitative Datenanalyse: computergestützt. Methodische Hintergründe und Beispiele aus der Forschungspraxis* (S. 188-209). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Flick, U. (2010a). Gütekriterien qualitativer Forschung. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 395-407). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Flick, U. (2010b). Triangulation. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 278-289). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Flick, U. (2011). *Triangulation. Eine Einführung* (3., aktualisierte Auflage). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden.
- Flick, U. (Hrsg.). (2012). *Handbuch qualitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen* (3. Aufl.). Weinheim: Beltz, Psychologie-Verl.-Union.
- Fraser, B. J. (1980). Development and validation of a test of enquiry skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 17 (1), 7-16. <https://doi.org/10.1002/tea.3660170103>
- Frensch, P. A. & Funke, J. (1995). Definitions, traditions, and a general framework for understanding complex problem solving. In P. A. Frensch (Ed.), *Complex problem solving. The European perspective* (pp. 3-25). New York, NY: Psychology Press.
- Frey, A. & Hartig, J. (2013). Wann sollten computerbasierte Verfahren zur Messung von Kompetenzen anstelle von papier- und bleistift-basierten Verfahren eingesetzt werden? In D. Leutner, E. Klieme, J. Fleischer & H. Kuper (Hrsg.) Editorial: Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*. 16 (S1), 53-57 [Themenheft].
- Friedler, Y., Nachmias, R. & Linn, M. C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (2), 173-192. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270208>
- Fritsch, S., Berger, S., Seifried, J., Bouley, F., Wuttke, E., Schnick-Vollmer, K. et al. The impact of university teacher training on prospective teachers' CK and PCK – a comparison between Austria and Germany. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 7 (1), 4. <https://doi.org/10.1186/s40461-015-0014-8>

- Fritsch, S., Seifried, J., Wuttke, E. & Fortmüller, R. (2014). Zum Einfluss von Lerngelegenheiten auf Fachwissen und fachdidaktisches Wissen von angehenden Lehrern und Lehrerinnen – das Beispiel Wirtschaftspädagogik. *wissenplus (Österreichische Zeitschrift für Berufsbildung)*, 5, 31-35.
- Funke, J. (2003). *Problemlösendes Denken*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Funke, J. (2004). Komplexes Problemlösen. (in Vorb.). In J. Funke, N. Birbaumer, D. Frey & J. Kuhl (Hrsg.), *Denken und Problemlösen*. Hogrefe-Verlag. Zugriff am 31.05.2012. Verfügbar unter https://www.psychologie.uni-heidelberg.de/ae/allg/enzykl_denken/Enz_07_Funke_KPL1.pdf
- Funke, J. & Spering, M. (2004). Methoden der Denk- und Problemlöseforschung. In J. Funke, N. Birbaumer, D. Frey & J. Kuhl (Hrsg.), *Denken und Problemlösen* (S. 647-744). Hogrefe-Verlag.
- Gahné, R. M. & Smith, E. C. (1962). A study of the effects of verbalization on problem solving. *Journal of experimental psychology*, 63, 12-18.
- Gao, X., Shavelson, R. J. & Baxter, G. P. (2009). Generalizability of Large-Scale Performance Assessments in Science. Promises and Problems. *Applied Measurement in Education*, 7 (4), 323-342. https://doi.org/10.1207/s15324818ame0704_4
- García-Carmona, A., Criado, A. M. & Cruz-Guzmán, M. (2016). Primary pre-service teachers' skills in planning a guided scientific inquiry. *Research in Science Education*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9536-8>
- Gaskell, P. J. (1992). Authentic science and school science*. *International Journal of Science Education*, 14 (3), 265-272. <https://doi.org/10.1080/0950069920140303>
- Gerald Dillashaw, F. & Okey, J. R. (1980). Test of the integrated science process skills for secondary science students. *Science Education*, 64 (5), 601-608. <https://doi.org/10.1002/sce.3730640506>
- Germann, P. J. & Aram, R. J. (1996). Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (7), 773-798. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199609\)33:7<773::AID-TEA5>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199609)33:7<773::AID-TEA5>3.0.CO;2-K)
- Germann, P. J., Aram, R. & Burke, G. (1996a). Identifying Patterns and Relationships among the Responses of Seventh-Grade Students to the Science Process Skill of Designing Experiments, 33 (1), 79-99.
- Germann, P. J., Aram, R., Odom, A. L. & Burke, G. (1996b). Student Performance on Asking Questions, Identifying Variables, and Formulating Hypotheses. *School Science and Mathematics*, 96 (4), 192-201. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1996.tb10224.x>
- Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. (Eds.). (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1>
- Giunta, C. J. (2001). Using History to Teach Scientific Method. The Role of Errors. *Journal of Chemical Education*, 78 (5), 623. <https://doi.org/10.1021/ed078p623>
- Glaser, B. G. (1965). The Constant Comparative Method of Qualitative Analysis. *Social Problems*, 12 (4), 436-445. <https://doi.org/10.2307/798843>
- Glaser, R., Schauble, L., Raghavan, K. & Zeitz, C. (2012). Scientific Reasoning Across Different Domains. In A. Innocenti (Hrsg.), *Computer-based learning environments and problem solving* (S. 345-371) [Place of publication not identified]: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77228-3_16
- Gläser, J. & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen* (Lehrbuch, 4. Auflage). Wiesbaden: VS Verlag.
- Gloy, K. (2005). *Die Geschichte des wissenschaftlichen Denkens. Verständnis der Natur* (Lizenzausgabe für Komet Verlag). Köln: Komet.

- Glug, I. (März 2009). *Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung*. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Kiel.
- Gobert, J. D., Sao Pedro, M. A., Baker, Ryan S. J. D., Toto, E. & Montalvo, O. (2012). Leveraging Educational Data Mining for Real-time Performance Assessment of Scientific Inquiry Skills within Microworlds. *Journal of Educational Data Mining*, 4 (1), 153-185.
- Golafshani, N. (2003). Understanding Reliability and Validity in Qualitative Research. *The Qualitative Report*, 8 (4).
- Gooding, D. (1990). *Experiment and the making of meaning. Human agency in scientific observation and experiment* (Science and philosophy, v. 5). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gooding, D. (1993). *The uses of experiment. Studies in the natural sciences*. Cambridge [u.a.]: Cambridge Univ. Pr.
- Goos, M. & Galbraith, P. (1996). Do it this way! Metacognitive strategies in collaborative mathematical problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 30 (3), 229-260.
<https://doi.org/10.1007/BF00304567>
- Gößling, J. M. (2011). *Selbständig entdeckendes Experimentieren. Lernwirksamkeit der Strategiewendung*. Dissertation, Universität Duisburg-Essen. Duisburg-Essen. Zugriff am 07.05.2012.
- Gott, R., Davey, P., Gamble, N., Head, J., Khaligh, Y., Murphy, P. et al. (1985). *Science in Schools Ages 13 and 15: Report No 3*. Zugriff am 31.05.2016. Verfügbar unter <http://discovery.ucl.ac.uk/1328651/>
- Gott, R., Duggan, S. & Johnson, P. (1999). What do Practising Applied Scientists do and What are the Implications for Science Education? *Research in Science & Technological Education*, 17 (1), 97-107.
<https://doi.org/10.1080/0263514990170108>
- Gott, R. & Duggan, S. (1994). *Investigative Work in the Science Curriculum*: Open University Press.
- Gott, R. & Duggan, S. (2002). Problems with the Assessment of Performance in Practical Science: Which way now? *Cambridge Journal of Education*, 32 (2), 183-201.
<https://doi.org/10.1080/03057640220147540>
- Gott, R. & Murphy, P. (1987). *Assessing Investigations at Ages 13 and 15. A report for teachers on the planning and performance of investigations by pupils of ages 13 and 15* (Science report for teachers Nr. 9). Department of Education and Science.
- Graßhoff, G., Casties, R. & Nickelsen, K. (2000). *Zur Theorie des Experiments. Untersuchungen am Beispiel der Entdeckung des Harnstoffzyklus* (Bern studies in the history and philosophy of science). Bern: Studies in the History and Philosophy of Science.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22 (1), 1-11. <https://doi.org/10.1080/095006900289976>
- Greenhoot, A. F., Semb, G., Colombo, J. & Schreiber, T. (2004). Prior beliefs and methodological concepts in scientific reasoning. *Applied Cognitive Psychology*, 18 (2), 203-221.
<https://doi.org/10.1002/acp.959>
- Greiff, S., Niepel, C., Scherer, R. & Martin, R. (2016). Understanding students' performance in a computer-based assessment of complex problem solving. An analysis of behavioral data from computer-generated log files. *Computers in Human Behavior*, 61, 36-46.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.095>
- Griffiths, A. K. & Thompson, J. (1993). Secondary School Students' Understandings of Scientific Processes: an interview study. *Research in Science & Technological Education*, 11 (1), 15-26.
<https://doi.org/10.1080/0263514930110103>

- Gropengießer, H., Harms, U. & Kattmann, U. (Hrsg.). (2013). *Fachdidaktik Biologie. Die Biologiedidaktik* (9., völlig überarbeitete Auflage). Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Grube, C. & Mayer, J. (2010). Wissenschaftsmethodische Kompetenzen in der Sekundarstufe I: Eine Untersuchung zur Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In U. Harms & I. Mackensen-Friedrichs (Hrsg.), *Heterogenität erfassen - individuell fördern im Biologieunterricht. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Kiel 2009* (Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, / Rainer Klee ... (Hrsg.) ; Bd. 4, Bd. 4, S. 155-168). Innsbruck: Studienverl.
- Grube, C. R. (2010). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Dissertation, Universität Kassel. Kassel.
- Grube, C. R., Möller, A. & Mayer, J. (2007). Dimensionen eines Kompetenzstrukturmodells zum Experimentieren, 31-34.
- Gruber, H. & Rehr, M. (2005). *Praktikum statt Theorie? Eine Analyse relevanten Wissens zum Aufbau pädagogischer Handlungskompetenz. Forschungsbericht Nr. 15*. Regensburg: Universität Regensburg.
- Grygier, P. (2008). *Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht* (Forschung). Zugl.: Würzburg, Univ., Diss., 2007. Bad Heilbrunn: Klinhardt.
- Günther, J. (2006). *Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 52). Berlin: Logos-Verl.
- Gut-Glanzmann, C. (2012). *Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. Analyse eines large-scale Experimentiersets*. Berlin: Logos-Verl.
- Gwet, K. L. (2014). *Handbook of Inter-Rater Reliability. The definitive guide to measuring the extent of agreement among raters* (4. ed.). Gaithersburg, MD: Advanced Analytics LLC.
- Gyllenpalm, J. & Wickman, P.-O. (2011a). The Uses of the Term Hypothesis and the Inquiry Emphasis Conflation in Science Teacher Education. *International Journal of Science Education*, 33 (14), 1993-2015. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.538938>
- Gyllenpalm, J. & Wickman, P.-O. (2011b). "Experiments" and the Inquiry Emphasis Conflation in Science Teacher Education. *Science Education*, 95 (5), 908-926. <https://doi.org/10.1002/sce.20446>
- Gyllenpalm, J., Wickman, P.-O. & Holmgren, S.-O. (2010a). Secondary science teachers' selective traditions and examples of inquiry-oriented approaches. *Nordina*, 6 (1), 44-60.
- Gyllenpalm, J., Wickman, P.-O. & Holmgren, S.-O. (2010b). Teachers' Language on Scientific Inquiry: Methods of Teaching or Methods of Inquiry? *International Journal of Science Education*, 32 (9), 1151-1172. <https://doi.org/10.1080/09500690902977457>
- Habben, I., Rau, A. & Schwippert, K. (2013). Die Nutzung außerschulischer und schulischer Bildungsangebote in der Sekundarstufe I und deren Einfluss auf die Lesekompetenz. *Diskurs Kindheits- und Jugendforschung* (4), 417-435.
- Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1990). Year 12 students' Attainment of Scientific Investigation Skills. *Research in Science Education*, 20, 134-141.
- Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1992). Expert - Novice Differences in Science Investigation Skills. *Research in Science Education*, 22, 170-177.
- Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993a). Effect of Context and Gender on Application of Science Investigation Skills. *Research in Science Education*, 23, 104-109.
- Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (Hrsg.). (1993b). *The Development of Expertise in Science Investigation Skills*.

- Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1995). The Development of Expertise in Science Investigation Skills. *Australian Science Teachers Journal*, 41 (4), 80-85.
- Häder, M. (2015). *Empirische Sozialforschung. Eine Einführung* (3. Aufl. 2015). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. *MNU*, 59 (2), 57 (4), 196-203.
- Hammann, M. (2007). Das Scientific Discovery as Dual Search-Modell. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (1. Aufl., S. 187-196). Berlin: Springer.
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2015). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten* (2. Aufl.). Seelze: Klett Kallmeyer.
- Hammann, M., Phan, T. T. H. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *MNU*, 59 (5), 292-299.
- Hammann, M., Phan, T. H. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen. Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.) *Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*. (8), 33-49 [Themenheft]. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden. Verfügbar unter <http://www.springerlink.com/content/h051t12w221v6673/>
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M., Bayrhuber, H. & Ganser, M. (2008a). Theoriegeleitete Förderung von Kompetenzen beim Experimentieren. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 28, S. 302-304). Münster: Lit.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. & Grimm, T. (2008b). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42 (2), 66-72. <https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656113>
- Harlen, W. (1997). Primary teachers' understanding in science and its impact in the classroom. *Research in Science Education*, 27 (3), 323-337. <https://doi.org/10.1007/BF02461757>
- Harmon, M. (1997). *Performance assessment in IEA's third international mathematics and science study (TIMSS)*. Chestnut Hill, MA: TIMSS International Study Center.
- HarmoS. (2009). *NATURWISSENSCHAFTEN Wissenschaftlicher Kurzbericht und Kompetenzmodell* (Konsortium HarmoS Naturwissenschaften+ (Hrsg.)).
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199609\)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199609)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F)
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J. & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (7), 655-675.
- Hartig, J. (2007). Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In B. Beck & E. Klieme (Hrsg.), *Sprachliche Kompetenzen. Konzepte und Messung: DESI-Studie, Deutsch Englisch Schülerleistungen International* (Beltz-Pädagogik, S. 83-99). Weinheim: Beltz Verlag.
- Hartig, J. (2008). Kompetenzen als Ergebnisse von Bildungsprozessen. In N. Jude, J. Hartig & E. Klieme (Hrsg.), *Kompetenzerfassung in pädagogischen Handlungsfeldern Theorien, Konzepte und Methoden* (Bd. 26, S. 15-25). Bonn.
- Hartig, J., Frey, A. & Jude, N. (2007). Validität. In H. Moosbrugger (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. Mit 43 Tabellen* (S. 135-163). Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-71635-8_7

- Hartig, J. & Klieme, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik. Mit 18 Tabellen* (Bd. 2006). Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg.
- Hartig, J. & Klieme, E. (Hrsg.). (2007). *Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik*. Bonn, Berlin.
- Hartmann, S., Mathesius, S., Stiller, J., Straube, P., Krüger, D. & Upmeyer zu Belzen, A. (2015a). Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Teil des Professionswissens zukünftiger Lehrkräfte: Das Projekt Ko-WADiS. In B. Koch-Priewe, A. Köker, J. Seifried & E. Wuttke (Hrsg.), *Kompetenzerwerb an Hochschulen: Modellierung und Messung. Zur Professionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer sowie frühpädagogischer Fachkräfte* (S. 39-58). Bad Heilbrunn: Klinkhardt, Julius.
- Hartmann, S., Upmeyer zu Belzen, A., Krüger, D. & Pant, H. A. (2015b). Scientific Reasoning in Higher Education. *Zeitschrift für Psychologie*, 223 (1), 47-53. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000199>
- Harwood, W. S. (2004). A new model for inquiry. is the scientific method dead? *Journal of College Science Teaching*, 33 (7), 29-33.
- Hashweh, M. Z. (1996). Effects of Science Teachers' Epistemological Beliefs in Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (1), 47-63. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199601\)33:1<47::AID-TEA3>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199601)33:1<47::AID-TEA3>3.0.CO;2-P)
- Hayes, J. R. (1985). Three Problems in Teaching General Skills. In J. W. Segal, S. F. Chipman & R. Glaser (Hrsg.), *Thinking and learning skills. Research and Open Questions* (Volume 2, S. 391-406). Hillsdale: Erlbaum.
- Hazen, R. M., Trefil, J. & Evans, J. (1992). Science Matters. Achieving Scientific Literacy. *American Journal of Physics*, 60 (9), 861-862. <https://doi.org/10.1119/1.17073>
- Heath, C., Hindmarsh, J. & Luff, P. (2010). *Video in qualitative research. Analysing social interaction in everyday life* (Introducing qualitative methods). Los Angeles: Sage.
- Heinze, T. & Thiemann, F. (1982). Kommunikative Validierung und das Problem der Geltungsbegründung. Bemerkungen zum Beitrag von E. Terhart. *Zeitschrift für Pädagogik*, 28, 635-642.
- Helfferich, C. (2005). *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews* (Lehrbuch). Wiesbaden: Verl. für Sozialwissenschaften.
- Hellingman, C. (1982). A Trial List of Objectives of Experimental Work in Science Education. *European Journal of Science Education*, 4 (1), 29-43. <https://doi.org/10.1080/0140528820040105>
- Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts ; Franz Emanuel Weinert gewidmet ; [Orientierungsband]* (Schule weiterentwickeln - Unterricht verbessern, 4. Aufl.). Seelze-Velber: Klett Kallmeyer.
- Helsper, W., Kelle, H. & Koller, H.-C. (2016). Qualitätskriterien der Begutachtung qualitativer Forschungsvorhaben in der Erziehungswissenschaft. Ergebnisse eines DFG-Roundtable. *Zeitschrift für Pädagogik*, 62 (5).
- Hesse, F. W. (1982). Effekte des semantischen Kontexts auf die Bearbeitung komplexer Probleme. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 29 (1), 62-91.
- Hilfert-Rüppell, Looß, M., Müller, R., Höner, K., Pitzner, V., Strahl, A. et al. (2009). Fehlerfrei Experimentieren? Wie Studierende ein Experiment planen. In U. Harms (Hrsg.), *Heterogenität erfassen. individuell fördern im Biologieunterricht* (S. 196-197). Kiel.
- Hilfert-Rüppell, D., Looß, M., Klingenberg, K., Eghtessad, A., Höner, K., Müller, R. et al. (2013). Scientific reasoning of prospective science teachers in designing a biological experiment. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 6 (2), 135-154.

- Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards A More Critical Approach To Practical Work In School Science. *Studies in Science Education*, 22 (1), 85-142.
<https://doi.org/10.1080/03057269308560022>
- Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. (1997). The Development of Epistemological Theories. Beliefs About Knowledge and Knowing and Their Relation to Learning. *Review of Educational Research*, 67 (1), 88-140. <https://doi.org/10.3102/00346543067001088>
- Hofheinz, V. (2008). *Erwerb von Wissen über Nature of Science. Eine Fallstudie zum Potenzial impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht*. Dissertation, Universität Siegen. Siegen.
- Hofstein, A. (2004). The Laboratory in Chemistry Education: Thirty Years of Experience with Developments, Implementation, and Research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5 (3), 247-264.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2003). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88 (1), 28-54.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28-54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (7), 791-806. <https://doi.org/10.1002/tea.20072>
- Hogan, K. & Fisher-Keller, J. (2005). Dialogue as Data: Assessing Student's Scientific Reasoning with interactive Protocols. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee & J. D. Novak (Hrsg.), *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View* (S. 95-128). Elsevier Science.
- Höner, K., Strahl, A., Müller, R., Eghtessad, A., Pietzner, V., Looß, M. et al. (2010). Das Wissenschaftsverständnis von Lehramtsstudierenden. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 36 (103), 39-66.
- Hopf, C. (2000). Qualitative Interviews - ein Überblick. In U. Flick, E. v. v. Kardorff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (Rororo Rowohlt's Enzyklopädie, Bd. 55628, Originalausgabe, 11. Auflage, S. 349-360). Reinbek bei Hamburg: rowohlt's enzyklopädie im Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Hopf, C. (Hrsg.). (2016). *Schriften zu Methodologie und Methoden qualitativer Sozialforschung. Herausgegeben von Wulf Hopf und Udo Kuckartz* (1. Auflage). Wiesbaden: Springer VS.
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-11482-4>
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 7, 7-23.
- Höttecke, D. (2008a). Fachliche Klärung des Experimentierens. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 28, S. 293-295). Münster: Lit.
- Höttecke, D. (Hrsg.). (2008b). *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 28). Münster: Lit. Verfügbar unter http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3049514&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm
- Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 127-139.
<https://doi.org/10.1007/s40573-015-0030-z>
- Howard-Jones, P., Richard, J. & Bomford, J. (2006). Thinking with a Theory: Theory-prediction Consistency and Young Children's Identification of Causality. *Instructional Science*, 34 (2), 159-188.

- Huber, G. L. & Mandl, H. (Hrsg.). (1982a). *Verbale Daten. Eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der Erhebung und Auswertung*. Weinheim: Beltz.
- Huber, G. L. & Mandl, H. (1982b). Verbalisierungsmethoden zur Erfassung von Kognitionen im Handlungszusammenhang. In G. L. Huber & H. Mandl (Hrsg.), *Verbale Daten. Eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der Erhebung und Auswertung* (S. 11-42). Weinheim: Beltz.
- Hülsmann, M. & Müller-Martini, M. (2006). Kompetenzen externer Individuen im Competence-based View - einige Basisüberlegungen. In C. Burmann, J. Freiling & M. Hülsmann (Hrsg.), *Neue Perspektiven des Strategischen Kompetenz-Managements* (S. 374-393). Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- Humboldt-Universität zu Berlin (Hrsg.). (2012). *Studienverlaufsplan. Stand 27.09.2012*.
- James, Q. & Stephen, A. (2014). The Effects of Simulation Complexity and Hypothesis-Generation Strategy on Learning. *Journal of Research on Computing in Education*, 27 (1), 75-91. <https://doi.org/10.1080/08886504.1994.10782117>
- Johnson-Laird, P. N. (1980). Mental Models in Cognitive Science. *Cognitive Science*, 4, 71-115.
- Jonas, G. (1994). Subjektive Theorien von Physiklern zum Experiment im Physikunterricht. In A. Gramm, H. Lindemann & E. Sumfleth (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik. Sommersymposium Essen 1993* (Naturwissenschaften und Unterricht, Bd. 21, Bd. 21, S. 151-158). Magdeburg: Westarp-Wissenschaften; Westarp-Wiss.
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48 (4), 63-85. <https://doi.org/10.1007/BF02300500>
- Jones, A., Reed, R. & Weyers, J. (2008). *Practical skills in biology* (4th ed., [Nachdr.]). Harlow: Pearson/Benjamin Cummings.
- Jong, T. de (2006). Scaffolds for computer simulation based scientific discovery learning. In J. Elen, J. Lowyck & R. E. Clark (Eds.), *Handling complexity in learning environments. Theory and research* (Advances in learning and instruction series, 1st ed., pp. 107-128). Oxford, UK, Boston: Elsevier.
- Jong, T. de & Njoo, M. (1992). Learning and instruction with computer simulations: learning processes involved. In E. de Corte (Hrsg.), *Computer-based learning environments and problem solving. [proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Computer-Based Learning Environments and Problem Solving, held in Leuven, Belgium, September 26 - 29, 1990]* (Bd. 84, S. 411-427). Berlin [u.a.]: Springer.
- Jong, T. de & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68 (2), 179. Zugriff am 23.02.2012. Verfügbar unter <http://rer.sagepub.com/content/68/2/179.abstract>
- Kambach, M., Arndt, K., Tiemann, R. & Upmeyer zu Belzen, A. (in Vorbereitung). A Framework of Experimentation Skills – Review of Theoretical Perspectives within Expert Rating.
- Kambach, M., Patzwaldt, K., Tiemann, R. & Upmeyer zu Belzen, A. (2013). Validierung eines Modells zur Experimentierkompetenz von Lehramtsstudierenden. In J. Mayer, M. Hammann, N. Wellnitz, J. Arnold & M. Werner (Hrsg.), *THEORIE • EMPIRIE • PRAXIS. 19. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBiO* (Bd. 19, S. 62-63). Kassel.
- Kampa, N., Neumann, I., Heitmann, P. & Kremer, K. (2016). Epistemological beliefs in science - a person-centered approach to investigate high school students' profiles. *Contemporary Educational Psychology*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.04.007>
- Kaplan, D. E. & Black, J. B. (2003). Mental Models and Computer-Based Scientific Inquiry Learning. Effects of Mechanistic Cues on Adolescent Representation and Reasoning About Causal Systems. *Journal of Science Education and Technology*, 12 (4).

- Kardorff, E. v. (1991). Qualitative Sozialforschung – Versuch einer Standortbestimmung. In U. Flick, E. v. Kardorff & H. Keupp (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen* (S. 3-8).
- Karpfinger, C., Arens, T., Hettlich, F., Kockelkorn, U., Lichtenegger, K. & Stachel, H. (2015). Deskriptive Statistik – wie man Daten beschreibt. In T. Arens, F. Hettlich, C. Karpfinger, U. Kockelkorn, K. Lichtenegger & H. Stachel (Hrsg.), *Mathematik* (3. Auflage). Berlin: Springer Spektrum.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-44919-2_36
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3-18. Zugriff am 02.02.2011. Verfügbar unter <http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/jg3h3.htm>
- Kelle, U. & Kluge, S. (2010). *Vom Einzelfall zum Typus. Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung* (Qualitative Sozialforschung, Bd. 15, 2., überarb. Aufl.). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92366-6>
- Kelle, U., Kluge, S. & Prein, G. (1993). *Strategien der Geltungssicherung in der qualitativen Sozialforschung. Zur Validitätsproblematik im interpretativen Paradigma*. (Der Vorstand des Sfb 186 (Hrsg.)) Nr. 24). Bremen.
- Kempton, W. (1986). Two Theories of Home Heat Control*. *Cognitive Science*, 10 (1), 75-90.
https://doi.org/10.1207/s15516709cog1001_3
- Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (9), 898-921.
<https://doi.org/10.1002/tea.10115>
- Killermann, W., Hierung, P. & Starosta, B. (2013). *Biologieunterricht heute. Eine moderne Fachdidaktik* (Auer macht Schule, 15., aktualisierte Auflage). Donauwörth: Auer Verlag.
- Kipnis, M. & Hofstein, A. (2008). The Inquiry Laboratory as a Source for Development of Metacognitive Skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6 (3), 601-627.
<https://doi.org/10.1007/s10763-007-9066-y>
- Kirch, S. A. (2007). Re/Production of science process skills and a scientific ethos in an early childhood classroom. *Cultural Studies of Science Education*, 2 (4), 785-845. <https://doi.org/10.1007/s11422-007-9072-y>
- Kirchner, S. (2013). *Der Umgang mit Variablen bei offenen Experimentieraufgaben im Physikunterricht*. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin. Berlin. Verfügbar unter <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/kirchner-stefan-2013-02-11/PDF/kirchner.pdf>
- Kirchner, S., Priemer, B. & Uhlmann, S. (2010). Was ist eigentlich offen beim Offenen Experimentieren? In D. Höttecke (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Dresden 2009 ; [36. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik ; Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 30]* (Bd. 30, S. 239-241). Münster: LIT-Verl.
- Klahr, D., Fay, A.L. & Dunbar, K. (1993). Heuristics for Scientific Experimentation: A Developmental Study. *Cognitive Psychology*, 25 (1), 111-146. <https://doi.org/10.1006/cogp.1993.1003>
- Klahr, D. (2000a). Chapter 2: Scientific Discovery as Problem Solving. In D. Klahr (Ed.), *Exploring science. The cognition and development of discovery processes* (pp. 21-39). Cambridge, Mass: MIT Press.
- Klahr, D. (Ed.). (2000b). *Exploring science. The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search during Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 1-48.

- Klahr, D. & Dunbar, K. (2012). Scientific Thinking and Reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning* (Oxford library of psychology). Oxford: Oxford University Press.
- Klautke, S. (1990). Für und wider das Experiment im Biologieunterricht. In W. Killermann (Hrsg.), *Methoden des Biologieunterrichtes. Bericht über die Tagung der Sektion Fachdidaktik im Verband Deutscher Biologen in Herrsching, 2.10. - 6.10.1989* (S. 70-83). Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Klautke, S. (1997). Ist das Experimentieren im Biologieunterricht noch zeitgemäß? Herrn Kollegen Prof. Dr. Wilhelm Killermann zur Emeritierung gewidmet. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 50 (6), 323-329.
- Klayman, J. & Ha, Y.-w. (1987). Confirmation, disconfirmation, and information in hypothesis testing. *Psychological Review*, 94 (2), 211-228. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.94.2.211>
- Kleickmann, T. & Anders, Y. (2011). Lernen an der Universität. In M. Kunter (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 305-316). Münster u.a.: Waxmann.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döberich, P., Gruber, H., Prenzel, M. et al. (2007a). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise* (Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.)) (Bildungsforschung Nr. 1). Bonn.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M. et al. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise* (Buhlmann, E., Wolff, K. & Klieme, E. (Hrsg.)). Frankfurt.
- Klieme, E., Funke, J., Leutner, D., Reimann, P. & Wirth, J. (2001). Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz. Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 47 (2), 179-200.
- Klieme, E., Hartig, J. & Rauch, D. (2008). The Concept of Competence in Educational Contexts. In J. Hartig (Ed.), *Assessment of Competencies in Educational Contexts* (1st ed.). Cambridge, Mass.: Hogrefe.
- Klieme, E. & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Pädagogik*, 52 (6), 876-903. Zugriff am 02.02.2011. Verfügbar unter <http://kompetenzmodelle.dipf.de/pdf/rahmenantrag>
- Klieme, E., Leutner, D. & Wirth, J. (Hrsg.). (2005). *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern. Diagnostische Ansätze, theoretische Grundlagen und empirische Befunde der deutschen PISA-2000-Studie*: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Klieme, E., Maag-Merki, K. & Hartig, J. (2007b). Kompetenzbegriff und Bedeutung von Kompetenzen im Bildungswesen. In J. Hartig & E. Klieme (Hrsg.), *Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik* (S. 5-15). Bonn, Berlin.
- Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of Learning in Science. In B. S. Bloom & T. S. Baldwin (Hrsg.), *Handbook on formative and summative evaluation of student learning* (S. 559-641). New York: McGraw-Hill.
- Klos, S., Henke, C., Kieren, C., Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2008). Naturwissenschaftliches Experimentieren und chemisches Fachwissen - zwei verschiedene Kompetenzen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54 (3), 304-321.
- KMK. (2004). *Lehrerbildung in Deutschland - Standards und inhaltliche Anforderungen. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004* (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.)). Zugriff am 20.09.2016. Verfügbar unter http://www.fu-berlin.de/sites/bologna/dokumente_zur_bologna-reform/KMK_Standards.pdf

- KMK. (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) [Beschluss vom 16.12.2004]* (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz). München: Luchterhand.
- KMK. (2005b). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) [Beschluss vom 16.12.2004]* (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz). München: Luchterhand.
- KMK. (2007). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) [Beschluss vom 16.12.2004]* (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz). München [u.a.]: Luchterhand in Wolters Kluwer Deutschland.
- KMK. (2015). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i.d.F. vom 12.02.2015* (Kultusministerkonferenz (Hrsg.)). Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Zugriff am 17.04.2013.
- Knaggs, C. M. & Schneider, R. M. (2012). Thinking Like a Scientist: Using Vee-Maps to Understand Process and Concepts in Science. *Research in Science Education*, 42 (4), 609-632.
<https://doi.org/10.1007/s11165-011-9213-x>
- Kochinka, A. (2010). Beobachtung. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 449-490). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Koch-Priewe, B., Köker, A., Seifried, J. & Wuttke, E. (Hrsg.). (2015). *Kompetenzerwerb an Hochschulen: Modellierung und Messung. Zur Professionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer sowie frühpädagogischer Fachkräfte*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, Julius.
- Koepfen, K., Hartig, J., Klieme, E. & Leutner, D. (2008). Current Issues in Competence Modeling and Assessment. *Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology*, 216 (2), 61-73.
<https://doi.org/10.1027/0044-3409.216.2.61>
- Koerber, S., Sodian, B., Kropf, N., Mayer, D. & Schwippert, K. (2011). Die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43 (1), 16-21. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000027>
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C. & Nett, U. (2005). Scientific Reasoning in Young Children. Preschoolers' Ability to Evaluate Covariation Evidence. *Swiss Journal of Psychology*, 64 (3), 141-152.
<https://doi.org/10.1024/1421-0185.64.3.141>
- Kok-Aunton & Woolnough, B. E. (1994). Science Process Skills: are they generalisable? *Research in Science & Technological Education*, 12 (1), 31-42. <https://doi.org/10.1080/0263514940120105>
- Köller, O. (2008). Bildungsstandards - Verfahren und Kriterien bei der Entwicklung von Messinstrumenten. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54 (2), 163-173.
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 476-490). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8_34
- Koslowski, B. (1996). *Theory and evidence. The development of scientific reasoning* (Learning, development, and conceptual change). Cambridge: MIT Press.
- Kowal, S. & O'Connell, D. C. (2000). Zur Transkription von Gesprächen. In U. Flick, E. v. Kardorff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (Rororo Rowohlts Enzyklopädie, Bd. 55628, Originalausgabe, 11. Auflage, S. 437-447). Reinbek bei Hamburg: rowohlts enzyklopädie im Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Kremer, K., Urhahne, D. & Mayer, J. (2008). Naturwissenschaftsverständnis und wissenschaftliches Denken bei Schülerinnen und Schülern der Sek I. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Ausbildung*

- und Professionalisierung von Lehrkräften. *Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Essen 2007* (Forschungen zur Fachdidaktik, Bd. 10, Bd. 3, S. 29-43). Innsbruck: Studienverl.
- Kremer, K. H. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen - Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I*. Dissertation, Universität Kassel. Kassel.
- Krippendorff, K. (1980). *Content analysis. An introduction to its methodology* (The Sage commtext series, vol. 5, 1. print). Beverly Hills, Calif.: Sage Publ.
- Krippendorff, K. (2012). *Content analysis. An introduction to its methodology* (Third edition). Los Angeles: Sage.
- Kruea-In, C., Kruea-In, N. & Fakcharoenphol, W. (2015). A Study of Thai In-Service and Pre-Service Science Teachers' Understanding of Science Process Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 993-997. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.291>
- Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.). (2014). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (SpringerLink: Bücher). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0>
- Kuckartz, U. Zwischen Singularität und Allgemeingültigkeit. Typenbildung als qualitative Strategie der Verallgemeinerung. In K.-S. Rehberg (Hrsg.), *Soziale Ungleichheit, Kulturelle Unterschiede. Verhandlungen des 32. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie in München 2004* (S. 4047-4056). Frankfurt am Main u.a.: Campus-Verl.
- Kuckartz, U. (2010). *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- Kuckartz, U., Dresing, T., Rädiker, S. & Stefer, C. (2008). *Qualitative Evaluation. Der Einstieg in die Praxis* (2. Aufl.). Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96 (4), 674-689. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.96.4.674>
- Kuhn, D. (1992). Thinking as Argument. *Harvard Educational Review*, 62 (2), 155-179. <https://doi.org/10.17763/haer.62.2.9r424r0113t67011>
- Kuhn, D. (2007). Jumping to Conclusions. *Scientific American Mind*, 18 (1), 44-51. <https://doi.org/10.1038/scientificamericanmind0207-44>
- Kuhn, D. (2009). Do students need to be taught how to reason? *Educational Research Review*, 4 (1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2008.11.001>
- Kuhn, D. (2010). What is Scientific Thinking and How Does it Develop? In U. Goswami (Hrsg.), *The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development*. John Wiley and Sons Ltd.
- Kuhn, D., Amsel, E. & O'Loughlin, M. (Hrsg.). (1988). *The Development of Scientific Thinking Skills*: Elsevier Science Publishing Co Inc.
- Kuhn, D. & Angelev, J. (1976). An Experimental Study of the Development of Formal Operational Thought. *Child Development*, 47 (3), 697. <https://doi.org/10.2307/1128184>
- Kuhn, D., Black, J., Keselman, A. & Kaplan, D. (2000). The Development of Cognitive Skills to Support Inquiry Learning. *Cognition and Instruction*, 18 (4), 495-523.
- Kuhn, D. & Brannock, J. (1977). Development of the isolation of variables scheme in experimental and "natural experiment" contexts. *Developmental Psychology*, 13 (1), 9-14. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.13.1.9>
- Kuhn, D. & Dean, D., JR. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological science*, 16 (11), 866-870. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01628.x>

- Kuhn, D. & Dean Jr., D. (2004). Connecting Scientific Reasoning and Causal Inference. *Journal of Cognition and Development*, 5 (2), 261-288. https://doi.org/10.1207/s15327647jcd0502_5
- Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A. & Anderson, C. W. (1995). *Strategies of Knowledge Acquisition*: The University of Chicago Press.
- Kuhn, D. & Phelps, E. (1982). The Development of Problem-Solving Strategies. In H. W. Reese (Hrsg.), *Advances in Child Development and Behavior*: v. 17 (Bd. 17, S. 1-44). Elsevier Science & Technology.
- Kuhn, D., Schauble, L. & Garcia-Mila, M. (1992). Cross-Domain Development of Scientific Reasoning. *Cognition and Instruction*, 9 (4), 285-327. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0904_1
- Kuiper, J. (1994). Student ideas of science concepts. Alternative frameworks? *International Journal of Science Education*, 16 (3), 279-292. <https://doi.org/10.1080/0950069940160303>
- Kunina-Habenicht, O., Schulze-Stocker, F., Kunter, M., Baumert, J., Leutner, D., Förster, D. et al. (2013). Die Bedeutung der Lerngelegenheiten im Lehramtsstudium und deren individuelle Nutzung für den Aufbau des bildungswissenschaftlichen Wissens. *Zeitschrift für Pädagogik*, 59 (1), 1-23.
- Künsting, J., Thillmann, H., Wirth, J., Fischer, H. E. & Leutner, D. (2008). Strategisches Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht* (55), 1-15.
- Kunter, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster u.a.: Waxmann.
- Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 55-68). Münster u.a.: Waxmann. Verfügbar unter <https://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=4fr76oBuVxIC&oi=fnd&pg=PA54&dq=%22Die+Entwicklung+professioneller+Kompetenz+von+Lehrkr%C3%A4ften%22&ots=b6L7m3Yy4j&sig=7s8GDz7sris93wGyQ0nysukx9Jk>
- Kunze, W. & Mieth, H. O. (1998). *Technologie Brauer und Mälzer* (8., völlig neu bearb. Aufl.). Berlin: Versuchs- und Lehranst. für Brauerei.
- Kuo, C.-Y., Wu, H.-K., Jen, T.-H. & Hsu, Y.-S. (2015). Development and Validation of a Multimedia-based Assessment of Scientific Inquiry Abilities. *International Journal of Science Education*, 37 (14), 2326-2357. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1078521>
- Labudde, P. (2003). Fächerübergreifender Unterricht in und mit Physik. Eine zu wenig genutzte Chance. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1/2, 48-66.
- Labudde, P., Metzger, S. & Gut, C. (2009). Bildungsstandards: Validierung des Schweizer Kompetenzmodells. In D. Höttecke (Hrsg.), *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 29, S. 307-317). Münster: LIT Verl. Dr. Wilhelm Hopf.
- Lamnek, S. (2005). *Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch* (Lehrbuch, 4. Aufl.). Weinheim: Beltz, PVU.
- Landis, R. J. & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33 (1), 159-174.
- Laughlin, P. R., Bonner, B. L. & Altermatt, T. W. (1998). Collective versus individual induction with single versus multiple hypotheses. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75 (6), 1481-1489. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.75.6.1481>
- Lawrenz, F., Huffman, D. & Welch, W. (2001). The science achievement of various subgroups on alternative assessment formats. *Science Education*, 85 (3), 279-290. <https://doi.org/10.1002/sce.1010>

- Lawson, A. E. (2004). The Nature and Development of Scientific Reasoning. A Synthetic View. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2 (3), 307-338.
<https://doi.org/10.1007/s10763-004-3224-2>
- Leach, J. (1996). Students' Understanding of the Nature of Science. In G. Welford, J. Osborne & P. Scott (Hrsg.), *Research in science education in Europe: Current issues and themes* (S. 269-282). London: The Falmer Press.
- Lederman, N. G. (1998). The state of science education: Subject matter without context. *Electronic Journal of Science Education*, 3 (2), 1-11.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 831-879). Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Lee, O., Buxton, C., Lewis, S. & LeRoy, K. (2006). Science inquiry and student diversity. Enhanced abilities and continuing difficulties after an instructional intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (7), 607-636. <https://doi.org/10.1002/tea.20141>
- Lembens, A., Kern, G. & Jonke, R. (2011). Lernen durch Experimentieren - Bildungsstandards Chemie in Österreich. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Jahrestagung in 2010 ; [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 31]* (Bd. 31, S. 381-383). Münster: LIT-Verl.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, Learning, and Values*: Ablex Publishing Corporation, 355 Chestnut Street, Norwood, NJ 07648 (hardback: ISBN-0-89391-565-3; paperback: ISBN-0-89391-566-1). Verfügbar unter <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED362379.pdf>
- Leutner, D., Fleischer, J., Wirth, J., Greiff, S. & Funke, J. (2012). Analytische und dynamische Problemlösekompetenz im Lichte internationaler Schulleistungsvergleichsstudien. *Psychologische Rundschau*, 63 (1), 34-42. <https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000108>
- Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry* (1. print). Beverly Hills, Calif.: Sage Publ.
- Lindner, M. A., Strobel, B. & Köller, O. (2015). Multiple-Choice-Prüfungen an Hochschulen? Ein Literaturüberblick und Plädoyer für mehr praxisorientierte Forschung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 29 (3-4), 133-149. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000156>
- Liu, O. L., Lee, H.-S. & Linn, M. C. (2011). An Investigation of Explanation Multiple-Choice Items in Science Assessment. *Educational Assessment*, 16 (3), 164-184.
<https://doi.org/10.1080/10627197.2011.611702>
- Lotz, M., Gabriel, K. & Lipowsky, F. (2013a). Niedrig und hoch inferente Verfahren der Unterrichtsbeobachtung. Analysen zu deren gegenseitiger Validierung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 59 (3), 357-380.
- Lotz, M., Lipowsky, F. & Faust, G. (2013b). *Dokumentation der Erhebungsinstrumente des Projekts "Persönlichkeits- und Lernentwicklung von Grundschulern" PERLE* (Materialien zur Bildungsforschung, 23/3). Frankfurt am Main: GFFP; DIFP.
- Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18 (8), 955-968. <https://doi.org/10.1080/0950069960180807>
- Lüders, C. & Reichertz, J. Wissenschaftliche Praxis ist, wenn alles funktioniert und keiner weiß warum. Bemerkungen zur Entwicklung qualitativer Sozialforschung. *Sozialwissenschaftliche Literaturrundschau*, 12, 90-102.
- Lunetta, V. N. & Tamir, P. (1979). Matching Lab Activities with Teaching Goals. *Science Teacher*, 46 (5), 22-24.

- Lunetta, V. N., Hofstein, A. & Clough, M. P. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and Practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 393-441). Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- MacComas, W. F. (Hrsg.). (2000). *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (Science & technology education library, Bd. 5). Dordrecht [u.a.]: Kluwer.
- Mahner, M. & Bunge, M. (2000). *Philosophische Grundlagen der Biologie*. Berlin [u.a.]: Springer.
- Marbach-Ad, G. & Claassen, L. A. (2001). Improving Students' Questions in Inquiry Labs. *The American Biology Teacher*, 63 (6), 410-419. [https://doi.org/10.1662/0002-7685\(2001\)063\[0410:ISQIIL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/0002-7685(2001)063[0410:ISQIIL]2.0.CO;2)
- Matsuta, K. (1995). *Think aloud protocols: A means of observing cognitive processes of language learners* (S. 67-74). Zugriff am 06.03.2017. Verfügbar unter <http://www2.lib.yamagata-u.ac.jp/you-campus/koeki/kiyou-koeki/3/3-pA67-74.pdf>
- Maxwell, J. A. (2004). Causal Explanation Qualitative Research and Scientific Inquiry in Education. *Educational Researcher*, Vol. 33 (No. 2), 3-11.
- Mayer, D. (2011). *Die Modellierung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter. Zusammenhänge zu kognitiven Fähigkeiten und motivationalen Orientierungen*. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität. München.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (1. Aufl., S. 177-186). Berlin: Springer.
- Mayer, J., Grube, C. R. & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Essen 2007* (Forschungen zur Fachdidaktik, Bd. 10, Bd. 3). Innsbruck: Studienverl.
- Mayer, J. & Wellnitz, N. (2014). Die Entwicklung von Kompetenzstrukturmodellen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (SpringerLink: Bücher, S. 19-29). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Mayring, P. (2003). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim [u.a.]: Beltz.
- Mayring, P. (2007). Generalisierung in qualitativer Forschung. *Forum: Qualitative Sozialforschung*, 8 (3), Art. 26.
- Mayring, P. (2010). Design. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 225-237). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mayring, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken* (Pädagogik, 6., überarbeitete Auflage).
- McComas, W. F. (1996). Ten myths of science: Reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96 (1), 10-16.
- McComas, W. F. (2000). The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths. In W. F. MacComas (Hrsg.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (Science & technology education library, Bd. 5, S. 53-70). Dordrecht [u.a.]: Kluwer.
- Medawar, P. B. (1991 [1963]). Is the Scientific Paper a Fraudulent? In P. B. Medawar & D. Pyke (Eds.), *The threat and the glory. Reflections on science and scientists* (Oxford paperbacks, pp. 228-233). Oxford: Oxford Univ. Pr.
- Meier, M. (2016). *Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern* (BIOLOGIE lernen und lehren, Bd. 13): Logos Verlag.
- Merton, R. K. (1968). *Social theory and social structure* (Enlarged ed., 1. print). New York NY: The Free Press.

- Metcalf, M. (2004). Generalisation: Learning Across Epistemologies. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 6 (1).
- Mey, G. & Mruck, K. (Hrsg.). (2010a). *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8>
- Mey, G. & Mruck, K. (2010b). Interviews. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 423-435). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mikelskis-Seifert, S., Maaß, K., Wilbers, J. & Ernst, S. (2011). PRIMAS - Die Implementation von Inquiry-Based Learning in den Schulalltag. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Jahrestagung in 2010 ; [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 31]* (Bd. 31, S. 432-434). Münster: LIT-Verl.
- Mikkilä-Erdmann, M., Penttinen, M., Anto, E. & Olkinuora, E. (2008). Constructing Mental Models during Learning from Science Text. In D. Ifenthaler, P. Pirnay-Dummer & J. M. Spector (Eds.), *Understanding Models for Learning and Instruction. Essays in Honor of Norbert M. Seel* (1st ed., pp. 63-79). s.l.: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-0-387-76898-4_4
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis. An expanded sourcebook* (2. Aufl.). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Miller, M. D. & Linn, R. L. (2000). Validation of Performance-Based Assessments. *Applied Psychological Measurement*, 24 (4), 367-378.
- Mitchell, T. S. (2007). *Levels of Inquiry: Content Analysis of the three most commonly used United States High School Biology Laboratory Manuals*. Dissertation, UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA. CALIFORNIA.
- Mitroff, I. I. (1974). *The Subjective Side of Science: A Philosophical Inquiry Into the Psychology of the Apollo Moon Scientists*: Elsevier.
- Mohr, H. (1981). *Biologische Erkenntnis. Ihre Entstehung und Bedeutung* (Teubner Studienbücher der Biologie). Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Möller, K. (2001). Lernen im Vorfeld der Naturwissenschaften - Zielsetzungen und Forschungsergebnisse. In W. Köhnlein (Hrsg.), *Innovation Sachunterricht. Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen* (Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 4, S. 275-298). Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.
- Möller, K., Kleickmann, T. & Tröbst, S. (2009). Die forschungsgeleitete Entwicklung von Unterrichtsmaterialien für die frühe naturwissenschaftliche Bildung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 27 (3), 415-423.
- Moore, J. C. & Rubbo, L. J. (2012). Scientific reasoning abilities of nonscience majors in physics-based courses. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 8 (1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010106>
- Moosbrugger, H. (Hrsg.). (2007). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. Mit 43 Tabellen*. Heidelberg: Springer.
- Moran-Ellis, J. (2006). Triangulation and Integration. Processes, Claims and Implications. *Qualitative Research*, 6 (1), 45-59. <https://doi.org/10.1177/1468794106058870>
- Moritz, C. (Hrsg.). (2014a). *Transkription von Video- und Filmdaten in der Qualitativen Sozialforschung. Multidisziplinäre Annäherungen an einen komplexen Datentypus*. Wiesbaden: Springer VS.
- Moritz, C. (2014b). Vor, hinter, für und mit der Kamera: Viergliedriger Video-Analyserahmen in der Qualitativen Sozialforschung. In C. Moritz (Hrsg.), *Transkription von Video- und Filmdaten in der Qualitativen Sozialforschung. Multidisziplinäre Annäherungen an einen komplexen Datentypus* (S. 17-54). Wiesbaden: Springer VS.

- Morrell, P. D. & Popejoy, K. (2014). Scientific Inquiry/Engineering Design. In P. D. Morrell & K. Popejoy (Hrsg.), *A Few of Our Favorite Things* (S. 83-105). Rotterdam: SensePublishers.
https://doi.org/10.1007/978-94-6209-779-7_4
- Mruck, K. & Mey, G. (2000). Qualitative Sozialforschung in Deutschland. *Forum: Qualitative Sozialforschung*, 1 (1).
- Müller, C. & Duit, R. (2004). Funktionen des Experiments: Vorstellungen von Lehrern und Unterrichtsrealität. In A. Pitton (Hrsg.), *Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung. [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 24 ; 30. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDPC) 2003 in Berlin gemeinsam mit der 1. Internationalen Tagung der Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD)]* (S. 33-35). Münster: LIT-Verl. Verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=wYk0Ye8zDwYC&pg=PA33&lpg=PA33&dq=Funktionen+des+Experiments:+Vorstellung+n+von+Lehrern+und+Unterrichtsrealit%C3%A4t&source=bl&ots=4w2w44sraX&sig=uv8ioCubllpxmfM-LoAu7vd5yYSY&hl=de&sa=X&ved=0ahUKewi8sYKom4TOAhXkk8AKHTkZDxkQ6AEIzAB>
- Mullis, I. V.S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y. & Preuschoff, C. (2009). *TIMSS 2011 Assessment Frameworks* (TIMSS & PIRLS International Study Center (Hrsg.)). Lynch School of Education, Boston College.
- Murphy, P. & Gott, R. (1984). *Science Assessment Framework Age 13 & 15* (Department of Education and Science (Hrsg.)) (Science report for teachers Nr. 2).
- Muthukrishna, N., Carnine, D., Grossen, B. & Miller, S. (1993). Children's alternative frameworks. Should they be directly-addressed in science instruction? *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (3), 233-248. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300303>
- Mynatt, C. R., Doherty, M. E. & Tweney, R. D. (2007). Confirmation bias in a simulated research environment. An experimental study of scientific inference. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29 (1), 85-95. <https://doi.org/10.1080/00335557743000053>
- Nachtigall, W. (1975). *Einführung in biologisches Denken und Arbeiten*. Heidelberg: Quelle & Meyer.
- Nawrath, D., Maiseyenko, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz - Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 6 (60), 42-49.
- Nehring, A., Nowak, K. H., Belzen, A. U. zu & Tiemann, R. (2015). Predicting Students' Skills in the Context of Scientific Inquiry with Cognitive, Motivational, and Sociodemographic Variables. *International Journal of Science Education*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1035358>
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards. For states, by states*. Washington, District of Columbia: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2006). Wachsen Haare schneller, wenn man sie öfter schneidet? Eine Untersuchung zu Vorstellungen vom Experimentieren. In H. Vogt, D. Krüger & D. & S. Marsch (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biogiedidaktik* (S. 7-22).
- Nitz, S. (2012). *Fachsprache im Biologieunterricht. Eine Untersuchung zu Bedingungsfaktoren und Auswirkungen*. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Zugriff am 04.05.2017. Verfügbar unter http://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00004276/diss_nitz.pdf?hosts=
- Njoo, M. & Jong, T. de. (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory. Learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (8), 821-844. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300803>
- Norman, D. A. (1983). Some Observations on Mental Models. In D. Gentner (Hrsg.), *Mental models* (Cognitive science, S. 7-14). Hillsdale NJ u.a.: Erlbaum. Verfügbar unter <https://books.google.de/>

- books?hl=de&lr=&id=G8iYAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=mental+models&ots=aLuLTRBziu&sig=7RIIkVECclEZxVgeJjbPhcmPMys
- Novak, J. D. (1993). Human constructivism. A unification of psychological and epistemological phenomena in meaning making. *International Journal of Personal Construct Psychology*, 6 (2), 167-193. <https://doi.org/10.1080/08936039308404338>
- Nowak, K. H., Nehring, A., Tiemann, R. & Upmeier zu Belzen, A. (2013). Assessing students' abilities in processes of scientific inquiry in biology using a paper-and-pencil test. *Journal of Biological Education*, 47 (3), 182-188. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.822747>
- NRC. (1996). *National science education standards*. [S.l.]: National Academy Press.
- NRC. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning. A Guide for Teaching and Learning*: National Academies Press.
- NRC. (2006). *America's lab report. Investigations in high school science*. Washington, D.C: National Academies Press.
- O'Donnell, A. (1993). Searching for Information in Knowledge Maps and Texts. *Contemporary Educational Psychology*, 18 (2), 222-239. <https://doi.org/10.1006/ceps.1993.1018>
- OECD. (2004a). *Problem Solving for Tomorrow's World. First Measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2004b). *The PISA 2003 Assessment Framework. Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264101739-en>
- OECD. (2006). *PISA Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006. A Framework for PISA 2006*: OECD Publishing.
- Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25 (9), 1049-1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Padilla, M. J. (1990). The Science Process Skills. *Research Matters - to the Science Teacher* (9004). Zugriff am 29.01.2016. Verfügbar unter <http://www.educ.sfu.ca/narstsite/publications/research/skill.htm>
- Park, J., Jang, K.-A. & Kim, I. (2009). An Analysis of the Actual Processes of Physicists' Research and the Implications for Teaching Scientific Inquiry in School. *Research in Science Education*, 39 (1), 111-129. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9079-8>
- Pearl, J. (2013). *Causality. Models, reasoning, and inference* (2. ed., reprinted with corr). New York, NY: Cambridge Univ. Press.
- Penner, D. E. & Klahr, D. (1996). The Interaction of Domain-Specific Knowledge and Domain-General Discovery Strategies. A Study with Sinking Objects. *Child Development*, 67 (6), 2709. <https://doi.org/10.2307/1131748>
- Pernkopf, E. (2006). *Unerwartetes erwarten. Zur Rolle des Experimentierens in naturwissenschaftlicher Forschung* (Epistemata : Reihe Philosophie, Bd. 413). Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Phan, T. T. H. (2007). *Testing levels of competencies in biological experimentation*. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Kiel.
- Pilitsis, V. & Duncan, R. G. (2012). Changes in Belief Orientations of Preservice Teachers and Their Relation to Inquiry Activities. *Journal of Science Teacher Education*, 23 (8), 909-936. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9303-2>
- Plevyak, L. H. (2007). What do preservice teachers learn in an inquiry-based science methods course? *Journal of Elementary Science Education*, 19 (1), 1. <https://doi.org/10.1007/BF03173650>

- Pohl, R. F. (2012). *Cognitive Illusions. A Handbook on Fallacies and Biases in Thinking, Judgement and Memory*. Hoboken: Taylor and Francis.
- Pope, M. & Denicolo, P. (1986). Intuitive Theories—a Researcher's Dilemma. Some practical methodological implications. *British Educational Research Journal*, 12 (2), 153-166. <https://doi.org/10.1080/0141192860120205>
- Popper, K. R. (2005). *Logik der Forschung. Gesammelte Werke in deutscher Sprache*. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Prenzel, M., Artelt, Cordula, Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. et al. (Hrsg.). (2007). *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster, New York: Waxmann.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 12, 159-175.
- Puthz, V. (1988). Experiment oder Beobachtung? Überlegungen zur Erkenntnisgewinnung in der Biologie. *Unterricht Biologie*, 12 (132), 11-13.
- Qin, Y. & Simon, H. A. (1990). Laboratory Replication of Scientific Discovery Processes. *Cognitive Science*, 14 (2), 281-312. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1402_4
- Raithel, J. (2008). Quantitative Forschung. Ein Praxiskurs. *Quantitative Forschung*.
- Rauschenbach, T. (2004). *Konzeptionelle Grundlagen für einen Nationalen Bildungsbericht – Non-formale und informelle Bildung im Kindes- und Jugendalter* (Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.)). Berlin.
- Reimann, P. (1989). Modeling scientific discovery learning processes with adaptive production systems. In D. Bierman, J. Breuker & J. Sandberg (Hrsg.), *Artificial intelligence und education; synthesis and reflection. Proceedings of the 4th International Conference on AI and Education* (S. 218-227). Amsterdam: IOS.
- Reinders, H. (2011). Interview. In H. Reinders (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung: Strukturen und Methoden* (Lehrbuch, S. 85-97). Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss. https://doi.org/10.1007/978-3-531-93015-2_7
- Rieß, W. (2012). Ein (fachdidaktisches) Rahmenmodell zum Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In W. Rieß (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 153-164). Münster: Waxmann.
- Rieß, W. & Mischo, C. (2017). „Bridging the gap“ – Zur Verringerung der Kluft zwischen allgemeinen Lehr-Lernmodellen und konkreter Unterrichtsgestaltung am Beispiel der Förderung dynamischer Problemlösekompetenz in der Biologie. 1-22 Seiten / Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie, Bd. 21, Nr. 1 (2017). <https://doi.org/10.4119/UNIBI/zdb-v21-i1-332>
- Rieß, W. & Robin, N. (2012). Befunde aus der empirischen Forschung zum Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In W. Rieß (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 129-152). Münster: Waxmann.
- Riley, J. P. (1979). Research papers. The influence of hands-on science process training on preservice teachers' acquisition of process skills and attitude toward science and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 16 (5), 373-384. <https://doi.org/10.1002/tea.3660160502>
- Roberts, R. (2001). Procedural understanding in biology: the 'thinking behind the doing'. *Journal of Biological Education*, 35 (3), 113-117. <https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655758>
- Roberts, R. & Gott, R. (2003). Assessment of biology investigations. *Journal of Biological Education*, 37 (3), 114-121. <https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655865>

- Roberts, R. & Gott, R. (2007). Assessment of performance in practical science and pupil attributes. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 13 (1), 45-67. <https://doi.org/10.1080/09695940600563652>
- Robertson, I. J. (1987). Girls and boys and practical science. *International Journal of Science Education*, 9 (5), 505-518. <https://doi.org/10.1080/0950069870090501>
- Robinson, J. T. (1969). Evaluating Laboratory Work in High School Biology. *Amer Biol Teacher*.
- Rollett, W. (2008). *Strategieinsatz, erzeugte Information und Informationsnutzung bei der Exploration und Steuerung komplexer dynamischer Systeme*: Lit.
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Rhetoric an Reality in Science Performance Assessments: An Update. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (10), 1045-1063.
- Rutherford, F. J. & Ahlgren, A. (1990). *Science for All Americans*: Oxford University Press.
- Ruxton, G. D. & Colegrave, N. (2016). *Experimental design for the life sciences* (Fourth edition).
- Saldaña, J. (2013). *The coding manual for qualitative researchers* (2. Aufl.). Los Angeles [i.e. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken - die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (SpringerLink: Bücher, S. 179-188). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Sauermost, R. & Freudig, D. (Spektrum Akademischer Verlag (Hrsg.)). (1999). *Lexikon der Biologie*. Zugriff am 15.03.2016. Verfügbar unter <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/experiment/23305>
- Scharfenberg, F.-J. (2005). *Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse. am Beispiel des Demonstrationslabors Bio-/Gentechnik der Universität Bayreuth mit Schülern aus dem Biologie-Leistungskurs des Gymnasiums*. Inaugural-Dissertation, Universität Bayreuth. Bayreuth.
- Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49 (1), 31-57. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(90\)90048-D](https://doi.org/10.1016/0022-0965(90)90048-D)
- Schauble, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology*, 32 (1), 102-119. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.32.1.102>
- Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R. A., Schulze, S. & John, J. (1995). Students' Understanding of the Objectives and Procedures of Experimentation in the Science. *THE JOURNAL OF THE LEARNING SCIENCES*, 4 (2), 131-166.
- Schauble, L., Glaser, R., Raghavan, K. & Reiner, M. (1992). The integration of knowledge and experimentation strategies in understanding a physical system. *Applied Cognitive Psychology*, 6 (4), 321-343. <https://doi.org/10.1002/acp.2350060405>
- Schauble, L., Klopfer, L. E. & Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 859-882. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280910>
- Schecker, H. *Nationale Bildungsstandards Physik. Modellierung physikalischer Kompetenz*. Bildungsstandards.
- Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004). In H.-E. Tenorth (Hrsg.), *Kerncurriculum für die Oberstufe II. Biologie, Chemie, Physik, Geschichte, Politik ; Expertisen* (Beltz Pädagogik, S. 148-234). Weinheim: Beltz.
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 12, 45-66.

- Schmidt, D. (2016). *Modellierung experimenteller Kompetenzen sowie ihre Diagnostik und Förderung im Biologieunterricht* (BIOLOGIE lernen und lehren, Bd. 18). Berlin: Logos Berlin.
- Schott, F. & Azizighanbari, S. (2012). *Bildungsstandards, Kompetenzdiagnostik und kompetenzorientierter Unterricht zur Qualitätssicherung des Bildungswesens. Eine problemorientierte Einführung in die theoretischen Grundlagen* (Waxmann Studium). Münster u.a.: Waxmann.
- Schreiber, N. (2012). *Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 139). Berlin: Logos.
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! In Fachverband Didaktik der Physik (Hrsg.), *Deutsche Physikalische Gesellschaft* (Tagungs-CD, S. 1-9).
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2011). Diagnostik Experimenteller Kompetenz. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Jahrestagung in 2010 ; [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 31]* (Bd. 31, S. 244-246). Münster: LIT-Verl.
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2014). Diagnostik experimenteller Kompetenz. Kann man Realexperimente durch Simulationen ersetzen? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20 (1), 161-173. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0017-1>
- Schreier, M. (2010). Fallauswahl. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 238-251). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schulz, A., Wirtz, M. & Starauschek, E. (2012). Das Experiment in den Naturwissenschaften. In W. Rieß (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 15-38). Münster: Waxmann.
- Schunn, C. D. & Anderson, J. R. (1999). The generality/specificity of expertise in Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 23 (3), 337-370.
- Schwartz, H. & Jacobs, J. (1979). *Qualitative sociology. A method to the madness*. New York: Free Pr.
- Seale, C. (1999). Quality in Qualitative Research. *Qualitative Inquiry*, 5 (4), 465-478. <https://doi.org/10.1177/107780049900500402>
- Seidel, T. (2003). *Technischer Bericht zur Videostudie "Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht" ; BIQUA* (IPN-Materialien). Kiel: IPN.
- Selwyn, M. R. (1996). *Principles of experimental design for the life sciences*. Boca Raton Fla. u.a.: CRC Press.
- Seung, E., Choi, A. & Pestel, B. (2016). University Students' Understanding of Chemistry Processes and the Quality of Evidence in their Written Arguments. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12 (7). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1248a>
- Shavelson, R. J., Baxter, G. P. & Gao, X. (1993). Sampling Variability of Performance Assessments. *Journal of Educational Measurement*, 30 (3), 215-232.
- Shavelson, R. J., Baxter, G. P., Pine, J., Yuré, J., Goldman, S. R. & Smith, B. (1991). Alternative Technologies for Large Scale Science Assessment: Instrument of Education Reform. *School Effectiveness and School Improvement*, 2 (2), 97-114. <https://doi.org/10.1080/0924345910020203>
- Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A. & Wiley, E. W. (2005). Windows into the mind. *Higher Education*, 49 (4), 413-430. <https://doi.org/10.1007/s10734-004-9448-9>
- Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A. & Wiley, E. W. (1999). Note on Sources of Sampling Variability in Science Performance Assessments. *Journal of Educational Measurement*, 36 (1), 61-71. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3984.1999.tb00546.x>

- Shavelson, R. J., Solano-Flores, G. & Ruiz-Primo, M. A. (1998). Toward a science performance assessment technology. *Evaluation and Program Planning*, 21 (2), 171-184.
[https://doi.org/10.1016/S0149-7189\(98\)00005-6](https://doi.org/10.1016/S0149-7189(98)00005-6)
- Shtulman, A. (2017). *Scienceblind. Why our intuitive theories about the world are so often wrong*. New York: Basic Books.
- Shute, V. J. & Glaser, R. (1990). A Large-Scale Evaluation of an Intelligent Discovery World. Smithtown. *Interactive Learning Environments*, 1 (1), 51-77.
<https://doi.org/10.1080/1049482900010104>
- Simon, H. A. & Glenn, L. (1974). Problem solving and rule induction: A unified view. In L. W. Gregg (Ed.), *Knowledge and cognition. [Ninth Annual Symposium on Cognition, May 1973]* (Annual Carnegie Cognition Symposium, vol. 9.1973, pp. 105-128). Potomac, Md.: Erlbaum.
- Simon, H. A. & Newell, A. (1971). *Human Problem Solving*: Longman.
- Simon, H. A. (1977). *Models of discovery and other topics in the methods of science* (Synthese Library, Bd. 114). Dordrecht.
- Simonton, D. K. (2003). Expertise, Competence, and Creative Ability: The Perplexing Complexities. In R. J. Sternberg & E. Grigorenko (Hrsg.), *The psychology of abilities, competencies, and expertise* (S. 213-239). Cambridge: Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511615801.010>
- Slater, T. F. & Ryan, J. M. (1993). Laboratory performance assessment. *The Physics Teacher*, 31 (5), 306. <https://doi.org/10.1119/1.2343769>
- Slowiaczek, L. M., Klayman, J., Sherman, S. J. & Skov, R. B. (1992). Information selection and use in hypothesis testing: What is a good question, and what is a good answer? *Memory & Cognition*, 20 (4), 392-405. <https://doi.org/10.3758/BF03210923>
- Sodian, B., Zaitchik, D. & Carey, S. (1991). Young Children's Differentiation of Hypothetical Beliefs from Evidence. *Child Development*, 62 (4), 753. <https://doi.org/10.2307/1131175>
- Solano-Flores, G., Jovanovic, J., Shavelson, R. J. & Bachmann, M. (1999). On the development and evaluation of a shell for generating science performance assessments. *International Journal of Science Education*, 21 (3), 293-315. <https://doi.org/10.1080/095006999290714>
- Solano-Flores, G. & Shavelson, R. J. (1997). Development of Performance Assessments in Science. Conceptual, Practical, and Logistical Issues. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 16 (3), 16-24. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.1997.tb00596.x>
- Spitznagel, E. L. & Helzer, J. E. (1985). A Proposed Solution to the Base Rate Problem in the Kappa Statistic. *Archives of General Psychiatry*, 42 (7), 725. <https://doi.org/10.1001/arch-psyc.1985.01790300093012>
- Spörhase-Eichmann, U. (Hrsg.). (2004). *Biologie-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (1. Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Stark, R., Graf, M., Renkl, A., Gruber, H. & Mandl, H. (1995). Förderung von Handlungskompetenz durch geleitetes Problemlösen und multiple Lernkontexte. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 27 (4), 289-312.
- Stebler, R., Reusser, K. & Ramseier, E. (1998). Praktische Anwendungsaufgaben zur integrierten Förderung formaler und materialer Kompetenzen. Erträge aus dem TIMSS-Experimentiertest. *Bildungsforschung und Bildungspraxis*, 20 (1), 28-53.
- Stebler, R. (1999). *Eigenständiges Problemlösen. Zum Umgang mit Schwierigkeiten beim individuellen und paarweisen Lösen mathematischer Problemgeschichten - theoretische Analyse und empirische Erkundigungen* (Explorationen, Bd. 28). Bern: Lang.

- Stecher, B. M. & Klein, S. P. (1997). The Cost of Science Performance Assessments in Large-Scale Testing Programs. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 19 (1), 1-14.
<https://doi.org/10.3102/01623737019001001>
- Stecher, B. M. (2010). *Performance assessment in an era of standards-based educational accountability*. Stanford, CA: Stanford Center for Opportunity Policy in Education (SCOPE).
- Stecher, B. M., Klein, S. P., Solano-Flores, G., McCaffrey, D., Robyn, A., Shavelson, R. J. et al. (2000). The Effects of Content, Format, and Inquiry Level on Science Performance Assessment Scores. *Applied Measurement in Education*, 13 (2), 139-160. https://doi.org/10.1207/S15324818AME1302_2
- Stein, S. J. & McRobbie, C. J. (1997). Students' conceptions of science across the years of schooling. *Research in Science Education*, 27 (4), 611-628. <https://doi.org/10.1007/BF02461484>
- Steinke, I. (1999). *Kriterien qualitativer Forschung. Ansätze zur Bewertung qualitativ-empirischer Sozialforschung*. Weinheim: Juventa-Verl.
- Steinke, I. (2007). Qualitätssicherung in der qualitativen Forschung. In U. Kuckartz, H. Grunenberg & T. Dresing (Hrsg.), *Qualitative Datenanalyse: computergestützt. Methodische Hintergründe und Beispiele aus der Forschungspraxis* (S. 176-187). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Stiller, J., Hartmann, S., Mathesius, S., Straube, P., Tiemann, R., Nordmeier, V. et al. (2016). Assessing scientific reasoning. A comprehensive evaluation of item features that affect item difficulty. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 1-12.
<https://doi.org/10.1080/02602938.2016.1164830>
- Strand-Cary, M. & Klahr, D. (2008). Developing elementary science skills: Instructional effectiveness and path independence. *Scientific reasoning -- Where are we now? Sodian and Bullock SI*, 23 (4), 488-511. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2008.09.005>
- Strohschneider, S. (1991). Problemlösen und Intelligenz: über die Effekte der Konkretisierung komplexer Probleme. *Diagnostica*, 37 (4), 353-371.
- Strohschneider, S. (2004). Buchrezension. Problemlösendes Denken. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 15 (4), 313-315. <https://doi.org/10.1024/1016-264X.15.4.313>
- Süß, H.-M. (1999). Intelligenz und komplexes Problemlösen. *Psychologische Rundschau*, 50 (4), 220-228. <https://doi.org/10.1026//0033-3042.50.4.220>
- Swanson, D. B., Norman, G. R. & Linn, R. L. (1995). Performance-Based Assessment: Lessons From the Health Professions. *Educational Researcher*, 24 (5), 5-11.
- Taconis, R., Ferguson-Hessler, M.G.M. & Broekkamp, H. (2001). Teaching science problem solving: An overview of experimental work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (4), 442-468.
<https://doi.org/10.1002/tea.1013>
- Tamir, P. (1972). The Practical Mode - A Distinct Mode of Performance in Biology. *Journal of Biological Education*, 6 (3), 175-182. <https://doi.org/10.1080/00219266.1972.9653768>
- Tamir, P., Nussinovitz, R. & Friedler, Y. (1982). The design and use of a Practical Tests Assessment Inventory. *Journal of Biological Education*, 16 (1), 42-50.
<https://doi.org/10.1080/00219266.1982.9654417>
- Temiz, B. K., Taşar, M. F. & Tan, M. (2006). Development and validation of a multiple format test of science process skills. *International Education Journal*, 7 (7), 1007-1027.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht. Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 10, 51-69.
- Tesch, R. (2013). *Qualitative Research*. Hoboken: Taylor and Francis.
- Theysen, H., Aufschnaiter, S. von & Schumacher, D. (2001). Kategoriengeleitete Analyse und Komplexitätsanalyse von Lernprozessen im Physikalischen Praktikum. In S. von Aufschnaiter (Hrsg.),

- Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lern-Prozessen. Aktuelle Methoden empirischer pädagogischer Forschung* (S. 101-114). Münster: Waxmann.
- Tobin, K. G. & Capie, W. (1981). The Development and Validation of a Group Test of Logical Thinking. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 413-423.
- Toth, E. E., Suthers, D. D. & Lesgold, A. M. (2002). "Mapping to know". The effects of representational guidance and reflective assessment on scientific inquiry. *Science Education*, 86 (2), 264-286. <https://doi.org/10.1002/sce.10004>
- Tsai, C.-C. & Chou, C. (2002). Diagnosing Students' Alternative Conceptions in Science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18 (2), 157-165. <https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2002.00223.x>
- Tschirgi, J. E. (1980). Sensible Reasoning. A Hypothesis about Hypotheses. *Child Development*, 51 (1), 1. <https://doi.org/10.2307/1129583>
- Tuma, R., Schnettler, B. & Knoblauch, H. (2013). *Videographie*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-18732-7>
- Tynjälä, P. (2008). Perspectives into learning at the workplace. *Educational Research Review*, 3 (2), 130-154. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.12.001>
- Ullman, T. D. (2015). *On the Nature and Origin of Intuitive Theories: Learning, Physics and Psychology*. Thesis, Hebrew University. Massachusetts.
- Universität der Künste. (2015a). *Studienordnung für den Bachelorstudiengang „Lehramt an Grundschulen mit dem vertieften Fach Musik“* (Anzeiger). Berlin.
- Universität der Künste. (2015b). *Studienordnung für den Bachelorstudiengang „Lehramt an Grundschulen mit dem vertieften Fach Musik“* (Anzeiger). Berlin.
- Universität der Künste (Hrsg.). (2015c). *Studienordnung für den Bachelorstudiengang „Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien mit dem Fach Musik“* (Anzeiger).
- Universität der Künste (Hrsg.). (2015d). *Studienordnung für den Masterstudiengang „Lehramt an Grundschulen mit dem vertieften Fach Musik“*. Berlin.
- Universität der Künste. (2015e). *Studienordnung für den Masterstudiengang „Lehramt an Gymnasien mit dem Fach Musik“*.
- Upmeier zu Belzen, A. (2013). Unterricht mit Modellen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie. Die Biologiedidaktik* (9., völlig überarbeitete Auflage, S. 325-334). Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 16.
- Van Joolingen, W. R. & de Jong, T. (1997). An extended dual search space model of scientific discovery learning. *Instructional Science*, 25, 307-346.
- Van Joolingen, W. R. & Jong, T. de. (1991). Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation. *Instructional Science*, 20 (5-6), 389-404. <https://doi.org/10.1007/BF00116355>
- Van Joolingen, W. R. & Jong, T. de (1993). Exploring a domain with a computer simulation. Traversing variable and relation space with the help of a hypothesis scratchpad. In D. M. Towne (Hrsg.), *Simulation based experiential learning. [proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on the Use of Computer Models for Explication, Analysis and Experiential Learning, held in Bonas, France, October 12 - 14, 1992]* (NATO ASI series : Series F, computer and systems sciences, Bd. 122). Berlin [u.a.]: Springer.
- Van Someren, M. W., Barnard, Y. F. & Sandberg, J. A. C. (1994). *The think aloud method. A practical guide to modelling cognitive processes*. London: Academic Press.

- VERBI Software (Hrsg.). (2015a). *MAXQDA 12 Referenzhandbuch*. Berlin.
- VERBI Software. (2015b) MAXQDA [Computer software]. Berlin: VERBI Software GmbH.
- Vester, F. (2015). *Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität ; ein Bericht an den Club of Rome ; [der neue Bericht an den Club of Rome]* (dtv Wissen, Bd. 33077, 10. Aufl.). München: Dt. Taschenbuch-Verl.
- Vollmeyer, R., Burns, B. D. & Holyoak, K. J. (1996). The Impact of Goal Specificity on Strategy Use and the Acquisition of Problem Structure. *Cognitive Science*, 20 (1), 75-100.
https://doi.org/10.1207/s15516709cog2001_3
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24 (4), 535-585.
- Vosniadou, S. (2002). Mental Models in Conceptual Development. In L. Magnani & N. J. Nersessian (Eds.), *Model-Based Reasoning. Science, Technology, Values* (pp. 353-368). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0605-8_20
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1994). Mental Models of the Day/Night Cycle. *Cognitive Science*, 18 (1), 123-183. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1801_4
- Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education. A psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20 (10), 1213-1230.
<https://doi.org/10.1080/0950069980201004>
- Wahl, K., Honig, M.-S. & Gravenhorst, L. (1982). *Wissenschaftlichkeit und Interessen. Zur Herstellung subjektivitätsorientierter Sozialforschung* (Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft, Bd. 398, 1. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Walpuski, M., Kampa, N., Kauertz, A. & Wellnitz, N. (2008). Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. *MNU*, 59 (2), 61 (6), 323-326.
- Wason, P. C. (1960). On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12 (3), 129-140. <https://doi.org/10.1080/17470216008416717>
- Watson, T. S. & Kramer, J. J. (1995). Teaching problem solving skills to teachers-in-training. An analogue experimental analysis of three methods. *Journal of Behavioral Education*, 5 (3), 281-293.
<https://doi.org/10.1007/BF02110316>
- Watters, J. J., Ginns, I. S., Neumann, P. & Schweitzer, R. (1994). *Enhancing Preservice Teacher Education Students Sense of Science Teaching Self Efficacy. Paper presented at the annual meeting of the Australian Teacher Education Association*. Brisbane: Australian Teacher Education Association.
- Watts, M. D. (1983). *A Study of Alternative Frameworks in School Science*. In partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, University of Surrey.
- Webb, N. M., Schlackman, J. & Sugrue, B. (2000). The Dependability and Interchangeability of Assessment Methods in Science. *Applied Measurement in Education*, 13 (3), 277-301.
https://doi.org/10.1207/S15324818AME1303_4
- Weinert, F. E. (1999). Concepts of Competence. Definition and Selection of Competencies. *Max Planck Institute for Psychological Research, Munich, Germany*, 1-35.
- Weinert, F. E. (Hrsg.). (2001a). *Leistungsmessungen in Schulen*: Beltz, J.
- Weinert, F. E. (2001b). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17-31). Beltz, J.
- Weinstock, M. & Cronin, M. A. (2003). The everyday production of knowledge. Individual differences in epistemological understanding and juror-reasoning skill. *Applied Cognitive Psychology*, 17 (2), 161-181. <https://doi.org/10.1002/acp.860>

- Wellnitz, N. (2012). *Kompetenzstruktur und -niveaus von Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung* (BIOLOGIE lernen und lehren, Bd. 2). Univ., Diss.--Kassel, 2012. Berlin: Logos Verl.
- Wellnitz, N., Hartmann, S. & Mayer, J. (2009). Developing a Paper-and-Pencil-Test to Assess Students' Skills in Scientific Inquiry. In G. Çakmakci & M. Fatih Taşar (Hrsg.), *Contemporary Science Education Research. Learning and Assessment*. A collection of papers presented at ESERA 2009 Conference (S. 289-294). Istanbul.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2012). Beobachten, Vergleichen und Experimentieren: Wege der Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & F. X. Bogner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik 5. Didaktik der Biologie - Standortbestimmung und Perspektiven* (S. 63-80). Studien Verlag.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 19, 315-345.
- Wenning, C. J. (2005). Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. *Journal of Physics Teacher Education*, 2 (3), 3-11.
- Wenning, C. J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *J. Phys. Tchr. Educ. Online* (4(2)), 21-24.
- Werani, A. (2011). *Inneres Sprechen. Ergebnisse einer Indiziensuche*: Lehmanns Media.
- Westermann, K., Rummel, N. & Holzäpfel, L. (2012). Präkonzepte aufgreifen fördert den Verständniserwerb. In Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2012 Digital. Vorträge auf der 46. Tagung für Didaktik der Mathematik*.
- Westermann, R. (2000). *Wissenschaftstheorie und Experimentalmethodik: Ein Lehrbuch zur Psychologischen Methodenlehre*: Hogrefe Verlag.
- Wilson, E. B. (1991). *An Introduction to Scientific Research*: Dover Publications Inc.
- Winch, P. (2008). *The idea of a social science and its relation to philosophy* (Routledge classics, 1. publ. in the Routledge classics series). London u.a.: Routledge.
- Windschitl, M. (2004). Folk theories of "Inquiry:" How Preservice Teachers Reproduce the Discourse and Practices of an Atheoretical Scientific Method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (5), 481-512. <https://doi.org/10.1002/tea.20010>
- Wirth, J. & Klieme, E. (2003). Computer-based Assessment of Problem Solving Competence. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 10 (3), 329-345. <https://doi.org/10.1080/0969594032000148172>
- Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen: Hogrefe Verl. für Psychologie.
- Witt, H. (2001). Forschungsstrategien bei quantitativer und qualitativer Sozialforschung. *Forum: Qualitative Sozialforschung*, 2 (1).
- Wolf, C. & Best, H. (2010). *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden.
- Woodward, J. (2004). *Making Things Happen*: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0195155270.001.0001>
- Wüsten, S. (2008). Unterrichtsqualitätsmerkmale im Fach Biologie. Identifizierung und Quantifizierung von Qualitätsmerkmalen im Biologieunterricht. In D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen, T. Riemeyer & K. Niebert (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 7. Beiträge auf der 10. Frühjahrsschule der Sektion Biologiedidaktik im VBIO in Hannover*. Kassel.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research. Design and methods* (5 edition). Los Angeles: Sage.

- Yoon, C.-H. (2009). Self-Regulated Learning and Instructional Factors in the Scientific Inquiry of Scientifically Gifted Korean Middle School Students. *Gifted Child Quarterly*, 53 (3), 203-216. <https://doi.org/10.1177/0016986209334961>
- Zeineddin, A. & Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific reasoning and epistemological commitments. Coordination of theory and evidence among college science students. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (9), 1064-1093. <https://doi.org/10.1002/tea.20368>
- Ziegler, R. (2003). Zufall und Freiheit im Kontext der Naturwissenschaften Teil II: Exploratives Experimentieren, ideales Experiment und konditionaler Determinismus. *Elemente der Naturwissenschaft*, 79 (2).
- Ziemek, H.-P., Keiner, K.-H. & Mayer, J. (2005). Problemlöseprozesse von Schülern der Biologie im naturwissenschaftlichen Unterricht. Ergebnisse qualitativer Studien. In R. Klee, A. Sandmann & H. Vogt (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Forschungen zur Fachdidaktik, Bd. 2, Bd. 2, S. 29-40). Innsbruck: Studienverl.
- Zimmerman, C. (2005). *The Development of Scientific Reasoning Skills: What Psychologists Contribute to an Understanding of Elementary Science Learning. Final Draft of a Report to the National Research Council Committee on Science Learning Kindergarten through Eighth Grade* (National Research Council. (Hrsg.)). Washington, DC.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27 (2), 172-223. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001>
- Zimmerman, C., Raghavan, K. & Sartoris, M. (2003). The impact of the MARS curriculum on students' ability to coordinate theory and evidence. *International Journal of Science Education*, 25 (10), 1247-1271. <https://doi.org/10.1080/0950069022000038303>
- Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M. et al. (2004). Dynamic, open inquiry in biology learning. *Science Education*, 88 (5), 728-753. <https://doi.org/10.1002/sce.10145>

11 ANHANG

Anhangsverzeichnis

Anhang 1. Literaturliste Experimentierumgebung.....	231
Anhang 2. Sachinformationen.....	233
Anhang 3. Geräte und Materialien der Experimentierumgebung.	238
Anhang 4. Abbildungen der Experimentierumgebung.....	239
Anhang 5. Leitfaden Instruktion.....	240
Anhang 6. Instruktion und Vorübungen zum lauten Denken.	241
Anhang 7. Datenschutzerklärung.....	242
Anhang 8. Interviewleitfaden.....	244
Anhang 9. Leitfaden zur Transkription.	245
Anhang 10. Beispieltranskript.	247
Anhang 11. Kodierleitfaden für Transkripte.....	248
Anhang 12. Kodierleitfaden für Videos.	250
Anhang 13. Kodierleitfaden für Laborprotokolle und Aufbauskizzen.	251
Anhang 14. Kodierleitfaden für wahrgenommene Lerngelegenheiten.	252
Anhang 15. Kodiermanual zur Prozessstruktur/Transkripte.....	253
Anhang 16. Kodiermanual zur Prozessstruktur/Videos.	287
Anhang 17. Begriffsdefinitionen.....	291
Anhang 18. Kodiermanual zu den Niveaustufen.....	293
Anhang 19. Leitfaden für die Weiterentwicklung des Kodiermanuals.	306
Anhang 20. Revision des Strukturmodells zum Experimentieren.....	309
Anhang 21. Beurteilerübereinstimmung zur Prozessstruktur/Transkript.....	314
Anhang 22. Beurteiler-Übereinstimmung zur Prozessstruktur/Video.....	318
Anhang 23. Beispiel Aufbauskizze/Proband_in V8.....	319
Anhang 24. Beispiel Laborprotokoll/Proband_in V1.....	320
Anhang 25. Häufigkeit und Verteilung kodierter Einheiten.	321
Anhang 26. Verteilung der kodierten Einheiten auf die einzelnen Phasen/Vergleich aller Proband_innen.....	324
Anhang 27. Codelines Abfolge der Experimente.....	325
Anhang 28. Prozessmuster.....	327
Anhang 29. Niveaustufen aller Proband_innen.	332
Anhang 30. Prozessmuster der Vernetzung von Phasen.	337
Anhang 31. Prozessmuster der Vernetzung von Aspekten.....	339
Anhang 32. Initiierte Phasen- und Experimentwechsel (mit Prozessänderungen).....	343

11 Anhang

Anhang 33. Überblick über die Ergebnisse/Proband_innen.	346
Anhang 34. Lerngelegenheiten Biologie.	347
Anhang 35. Lerngelegenheiten Zweitfächer.	349
Anhang 36. Wahrgenommene Lerngelegenheiten.	354

Anhang 1. Literaturliste Experimentierumgebung.

- Bannwarth, H., & Kremer, B. P. (2011). *Vom Stoffaufbau zum Stoffwechsel: Erkunden - Erfahren - Experimentieren* (2. überarb. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Bayrhuber, H., Hauber, W., & Linder, H. (Eds.). (2012). *Linder-Biologie: Lehrbuch für die Oberstufe* (23., neu bearbeitete Auflage, Druck A 3). Braunschweig: Schroedel.
- Bickel, H., Haala, G., Claus, R., Frank, R., Schweizer, J., & Wichert, G. (2007). *Natura - Biologie für Gymnasien* (1. Aufl., [Dr.] 1). Stuttgart, Leipzig: Klett.
- Weber, U. (Ed.). (2006). *Biologie Oberstufe: Gesamtband* (1. Aufl., 10. Dr). Berlin: Cornelsen.
- Weber, U. (Ed.). (2009). *Biologie Oberstufe: Gesamtband* (2., Neubearb. Aufl., 2. Dr). Berlin: Cornelsen.
- Bützer, P., & Roth, M. *Hefegärng*. Abgerufen von Pädagogische Hochschule St. Gallen website: <http://www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Hefegaerung.pdf>
- Campbell, N. A., Reece, J. B., & Urry, L. (2016). *Biologie Gymnasiale Oberstufe* (2., aktualisierte und erweiterte Auflage). *Always learning*.
- Cypionka, H. (2010). *Grundlagen der Mikrobiologie* (4., überarb. und aktualisierte Aufl.). *Springer-Lehrbuch*. Berlin u.a.: Springer.
- Drews, G. (2010). *Mikrobiologie: Die Entdeckung der unsichtbaren Welt*. Heidelberg: Springer. Abgerufen von <http://www.springerlink.com/content/p47516>
- Eckbrecht, H. (2010). *Prisma Biologie SI Experimentesammlung* (1. Aufl., 3. [Druck]). Stuttgart: Klett.
- Eckbrecht, H., & Kluge, S. (2008). *Experimentesammlung Sekundarstufe II. Natura - Biologie für Gymnasien*. Stuttgart, Leipzig: Klett.
- Florian, C. (2012). *Experimente für den Biologieunterricht I* (1. Aufl.). *Unterrichtsmaterialien aus Forschung und Praxis: Vol. 1*. Norderstedt: Books on Demand.
- Fritsche, O. (2016). *Mikrobiologie. Kompaktwissen Biologie*. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg. Abgerufen von <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-49729-6>
- Graf, D. (2013). *Experimente für den Biologieunterricht: Erkenntnisgewinnung und kompetenzorientierte Vermittlung biologischer Inhalte* (1. Aufl.). München: Oldenbourg.
- Große, E. (1990). *Biologie im Experiment* (1. Aufl.). Leipzig u.a.: Neumann.
- Jütte, M. (2010). *Biologie heute entdecken: Ein Lehr- und Arbeitsbuch* ([Gymnasium, Berlin, Hamburg, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Schleswig-Holstein], Dr. A 3). Braunschweig: Schroedel.
- Kopeszki, H. (2013). *Biologie 50 Experimente: 5.-8. Schulstufe*. Brunn am Gebirge: ikon-Verl.-Ges.
- Kopeszki, H. (2013). *Biologie 50 Experimente: 9.-13. Schulstufe*. Brunn am Gebirge: Ikon-Verl.GesmbH.
- Kremer, B. P., & Bannwarth, H. (2008). *Pflanzen in Aktion erleben: 100 Experimente und Beobachtungen zur Pflanzenphysiologie*. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Kunze, W., & Mieth, H. O. (1998). *Technologie Brauer und Mälzer* (8., völlig neu bearb. Aufl.). Berlin: Versuchs- und Lehranst. für Brauerei.

- Munk, K. (Ed.). (2008). *Taschenlehrbuch Biologie. Mikrobiologie: [fit für den Bachelor]*. Stuttgart: Thieme. Abgerufen von <http://ebooks.thieme.de/9783131448613/1>
- Rüthing, C. *Chemie entdecken: Mikrolabor Hefezelle*. Abgerufen von http://www.gsn-europaschule.de/aktuell/aktuellS07/chemie_entdecken/02_2006/beispielaufgaben/cr.pdf
- Sachsen-Anhalt Kultusministerium. *Schriftliche Abiturprüfung 2006 Biologie: Leistungskursniveau*. Abgerufen von https://www.bildung-lsa.de/pool/zentrale_leistungserhebung/abitur/biolk13n06.pdf
- Sapper, N., & Widhalm, H. (2000). *Einfache biologische Experimente: Ein Handbuch - nicht nur für Biologen* (1. Aufl., Nachdr.). Wien: öbv & hpt.
- Schmiemann, P., & Mayer, J. (Eds.). (2013). *Sekundarstufe 1. Experimentieren Sie!: Biologieunterricht mit Aha-Effekt; Selbstständiges, kompetenzorientiertes Erarbeiten von Lehrplaninhalten. Kopiervorlagen* (1. Aufl.). Berlin: Cornelsen Schulverlage.
- Schneider, V. (2016). Experimente in der Schule Biologie: Gärung. Abgerufen von <http://www.experimente-in-der-schule.de/sekundarstufe/biotechnologie/gaerung.php>
- Steinbüchel, A., Oppermann-Sanio, F. B., Sanio, F. B. O., & Ewering, C. (2013). *Mikrobiologisches Praktikum: Versuche und Theorie* (2. Aufl.). Springer-Lehrbuch. Berlin u.a.: Springer Spektrum.
- Uni Stuttgart. (2011). *Biologie der Hefen: Mikrobiologische Übungen Hefebiologie*.
- Werner, O. (Ed.). (2014). *1000 Fragen aus Genetik, Biochemie, Zellbiologie und Mikrobiologie*. Berlin u.a.: Springer Spektrum.
- Werner, O. (2014). Fragen zur Mikrobiologie. In O. Werner (Ed.), *1000 Fragen aus Genetik, Biochemie, Zellbiologie und Mikrobiologie* (pp. 93-113). Berlin u.a.: Springer Spektrum.

Anhang 2. Sachinformationen.

Sachinformationen zur Hefegärung

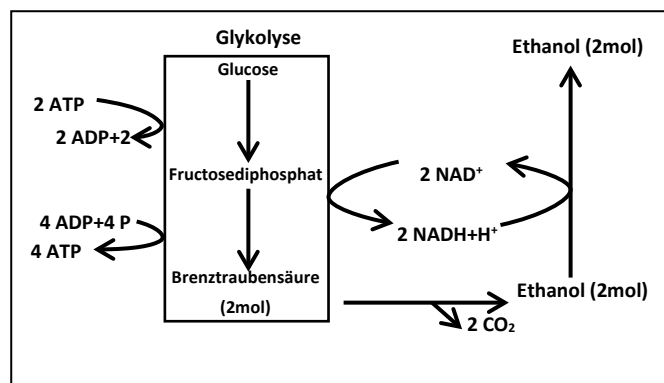
Hefen sind einzellige Pilze, die zu den Ascomyceten (Schlauchpilzen) gezählt werden. Hefezellen sind oval bis rund mit einer Länge von 8 bis 10 μm . Hefezellen bestehen zu ca. 75 % aus Wasser. Hefen gedeihen z. B. in Obst, Blütennektar oder in der Borke von Bäumen (Kunze & Mieth, 1998).

Stoffwechsel

Für die Durchführung ihrer lebensnotwendigen Stoffwechselforgänge und den Aufbau neuer Zellsubstanzen benötigt die Hefe wie jede andere Zelle Energie in Form von Nährstoffen. Diese Energie gewinnt die Hefe in Anwesenheit von Sauerstoff (aerob) durch Atmung und in Abwesenheit von Sauerstoff (anaerob) durch Gärung (ebd.).

Gärung und Atmung

Bei der Gärung (anaerob) werden verschiedene Zucker auf dem Wege der Glykolyse in Alkohol und Kohlenstoffdioxid (CO_2) umgewandelt (Abb. 1). Bei der Atmung (aerob) werden unterschiedliche Zucker unter Sauerstoffverbrauch restlos zu Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) umgesetzt.



Der Crabtree-Effekt

Der **Crabtree-Effekt** beschreibt den Effekt, dass bei Vorliegen von höheren Glucose-Konzentrationen auch unter Anwesenheit von Sauerstoff, d. h. unter aeroben Bedingungen, Gärung stattfindet (ebd.).

Frisch- bzw. Presshefe* und Trockenhefe

Die Bäckerhefe (*S. cerevisiae*) ist die Hefe mit der größten kommerziellen Bedeutung. Zur Brotherstellung kommt Bäckerhefe in den Handel als Presshefe* und heute vermehrt auch als sogenannte Trockenhefe in den Handel. Der Feuchtigkeitsgehalt von Presshefe* beträgt ca. 70 %. Die Lebensdauer bei Lagerung im Kühlschrank erstreckt sich auf ca. 8 Wochen nach dem Pressvorgang. Trockenhefe wird in einem mehrstufigen Trockenverfahren aus Frischhefe hergestellt. Der Feuchtigkeitsgehalt beträgt ca. 7-8 %, weshalb sich die Hefepilze auch in einer Art Ruhezustand befinden. Trockenhefe ist damit auch über einen längeren Zeitraum haltbar, ohne Verlust der resultierenden Gäraktivität. Jedoch zeigt Trockenhefe im Vergleich zu Frischhefe* vor Beginn des Gärprozesses eine längere Anlaufphase, da die Aktivität der Hefepilze erst wieder vollständig hergestellt werden muss.

Beim Backen wird das Auftreiben des Teigs durch das bei der Gärung entstehende Kohlenstoffdioxid hervorgerufen, der Alkohol verdunstet.

1 g Trockenhefe enthält ca. 10¹⁰ Zellen. 1 Würfel Frischhefe* hat ca. 42 g, ein Tütchen Trockenhefe hat 7 g und entspricht 25 g Frischhefe (Kunze & Mieth, 1998).

*Frischhefe = Presshefe

Sachinformationen zu Materialien und Geräten

Das Gärungssaccharometer

Mit Hilfe eines Gärungssaccharometers kann die CO_2 -Bildung von Suspensionen qualitativ sowie quantitativ ermittelt werden.

Der Apparat besteht aus einem mit einer 10 mL-Marke (1.1) versehenen Reagenzglas (1), welches zum Abmessen der Suspension dient und dem graduierten Gärröhrchen (2), in welchem das CO_2 entwickelt, aufgefangen und gemessen wird.

Die CO_2 -Bestimmung wird in folgender Weise ausgeführt:

1. Man füllt das Reagenzglas (1) bis zur 10 mL-Marke (1.1) mit der zu untersuchenden Suspension.
2. Anschließend wird die Suspension nach und nach in den kugelförmigen Teil des Gärröhrchens (2.1) gegossen.
3. Durch Neigung des Apparates wird die Suspension aus der Kugel in den graduierten zylindrischen Teil (2.2) übergeführt.
4. Der Apparat wird anschließend wieder zurückgeneigt, wobei die Suspension durch den Unterdruck in dem graduierten zylindrischen Teil (2.2) bleibt.
5. Man lässt nun den Apparat ruhig stehen. Das entstehende Gas sammelt sich in der Spitze des graduierten zylindrischen Teils (2.2) und drängt die Suspension nach unten.
6. Nach einiger Zeit liest man das ausgeschiedene CO_2 ab. Die Zahlen rechts von der Teilung (2.3) geben das Volumen in mL an. Die links stehenden Zahlen sind zu ignorieren.



Abb. 4: Gärungssaccharometer nach
EINHORN

Saugkolben-Messpipette

Die Saugkolben-Messpipette ermöglicht ein sicheres und gefahrloses Ansaugen und damit präzises Pipettieren von Flüssigkeiten. Außerdem kann sie für die Messung entstehender Gase genutzt werden. Hierfür wird die Saugkolben-Messpipette senkrecht in eine Suspension gestellt. Die Suspension wird bis zur obersten Markierung in die Pipette gesogen. Das entstandene Gas drängt die Suspension aus der Messpipette. Die entstandene Gasmenge wird an der Graduierung in mL abgelesen. Nach einiger Zeit kann die Suspension erneut bis zur obersten Markierung gesogen werden.



Abb. 5: Saugkolben-Messpipette

Sachinformationen zu Substraten

<p>Mannitol</p> <p>Mannitol ist ein Zuckeralkohol und leitet sich strukturell von der Mannose ab. Er kommt in der Natur als D-Mannitol vorwiegend in Salzpflanzen (<i>Halophyten</i>), aber auch in Pilzen, Algen und Tieren vor¹.</p> <p>¹Wissenschaft-Online-Lexika: <i>Eintrag zu Mannit im Lexikon der Biologie</i>], abgerufen am 8. April 2009</p>	<p>Lactose</p> <p>Lactose, Milchzucker oder Laktose ist ein in Milch und Milchprodukten enthaltener Zucker. Lactose gehört zur Gruppe der Disaccharide (<i>Zweifachzucker</i>) und besteht aus den beiden Molekülen D-Galactose und D-Glucose, die über eine β-1,4-glycosidische Bindung verbunden sind.</p>
<p>Saccharose</p> <p>Saccharose, auch Sucrose, ist der Haushalts- oder Kristallzucker, der gemeinhin als „Zucker“ genutzt wird. Sowohl die Zuckerrübe als auch das Zuckerrohr und die Zuckerpalme enthalten dieses Disaccharid. In Saccharose sind je ein Molekül α-D-Glucose und β-D-Fructose über eine α,β-1,2-glycosidische Bindung verbunden.</p>	<p>Fructose</p> <p>Fructose, umgangssprachlich Fruchtzucker, ist eine natürlich vorkommende chemische Verbindung. Fructosen gehören als Mono-saccharide (<i>Einfachzucker</i>) zu den Kohlenhydraten.</p>
<p>Glucose</p> <p>Glucose ist ein Monosaccharid (Einfachzucker) und gehört damit zu den Kohlenhydraten. In der Natur kommt ausschließlich D-Glucose vor. Diese wird auch als Traubenzucker oder in älterer Literatur als Dextrose bezeichnet.</p>	<p>Stevia</p> <p>Stevia ist ein aus der Pflanze <i>Stevia rebaudiana</i> gewonnenes Stoffgemisch, das als Süßstoff verwendet wird. Es besteht hauptsächlich aus Steviolglycosiden. Steviaprodukte können eine bis zu 450-fache Süßkraft von Zucker haben.</p>

<p>Calciumhydroxid-Lösung</p> <p>Calciumhydroxid-Lösung, auch Kalkwasser genannt, ist eine alkalische, schwach ätzende Lösung. Calciumhydroxid-Lösung verwendet man zum einfachen Nachweis von Kohlenstoffdioxid: Beim Durchleiten von Kohlenstoffdioxid-haltiger Luft bildet sich ein Niederschlag von Calciumcarbonat. Die klare Lösung wird dabei trübe.</p>	<p>Geschirrspülmittel</p> <p>Handgeschirrspülmittel sind flüssige Produkte, die wegen des täglichen Hautkontakts auf einen fast neutralen oder schwachsauren pH-Wert mit Citronensäure eingestellt werden.</p> <p>Hauptbestandteile sind Tenside, welche die die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit herabsetzen. Alkohole werden als Lösungsmittel zugesetzt.</p>
<p>Honig</p> <p>Die Hauptbestandteile des Honigs sind Zucker und Wasser. Der Wassergehalt eines reifen Honigs liegt zwischen 15 und 18 %. Zucker macht den größten Anteil aus. Honig besteht zu etwa 80 % aus Zucker. Je nach Honigsorte treten folgende Zuckerarten in unterschiedlicher Zusammensetzung auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fructose 34 – 41 % - Glucose 28 % - 35 % - Saccharose bis 10 % - Maltose 3 – 15 % - Melezitose: In Spuren, bei bestimmten Sorten bis 20 % 	

Anhang 3. Geräte und Materialien der Experimentierumgebung.

Labormaterialien

- | | |
|--|--|
| • 10 Thermometer (0-100°C) | • 10 Stativklammern |
| • 5 Glaspipetten (10 mL) mit Gummiballon | • 10 Messzylinder (25mL) |
| • 10 Reagenzgläser | • 10 Messzylinder (50mL) |
| • 1 Reagenzglasständer | • 5 Löffelspatel |
| • 10 Bechergläser (20 mL) | • 5 Spatel |
| • 10 Bechergläser (50 mL) | • 2 Spritzflaschen |
| • 3 Bechergläser (1.000 mL) | • 10 Gärröhrchen nach EINHORN |
| • 3 Bechergläser (2.000 mL) | • Gummistopfen |
| • 1 Becherglas (60 mL) | • Gummiröhrchen |
| • 10 Glasstäbe | • 5 Erlenmeyerkolben (100 mL) |
| • 4 große Petrischalen | • 5 Einmalpipetten |
| • 2 kleine Petrischalen | • 5 Saugkolben-Messpipetten (10 mL) |
| • Mehrere Wägeschälchen | • 1 Spritzflasche destilliertes Wasser |
| • Mehrere Filterpapiere | • 1 Wanne Eiswürfel |
| • 2 Stative | |

Indikatoren

- | | |
|--|--|
| • Ph-Wert-Streifen | • Biophan G (zum Nachweis von Glucose) |
| • 1 Flasche klare Calciumhydroxid-Lösung | |

Technische Geräte

- | | |
|--------------------------------|------------------|
| • 1 Waage (Max. 400g; d=0.01g) | • 4 Stoppuhren |
| • 1 Taschenrechner | • 1 Wasserkocher |

Substrate

- | | |
|--|-----------------------------------|
| • 1 Lineal | • 1 Schere |
| • 1 Geodreieck | • 1 Rolle Klebeband |
| • 1 Kugelschreiber | • 1 Rolle Kreppband |
| • 1 Bleistift | • Einige Bögen weißes Papier |
| • 5 Folienstifte in verschiedenen Farben | • 1 Schreibblock kariertes Papier |

Schreibutensilien

- | | |
|--|-----------------------------------|
| • 1 Lineal | • 1 Schere |
| • 1 Geodreieck | • 1 Rolle Klebeband |
| • 1 Kugelschreiber | • 1 Rolle Kreppband |
| • 1 Bleistift | • Einige Bögen weißes Papier |
| • 5 Folienstifte in verschiedenen Farben | • 1 Schreibblock kariertes Papier |

Sonstiges Material und Schutzkleidung

- | | |
|---|---------------------------|
| • 5 Flaschen (ca. 0,3 mL) | • 1 Stapel Papiertücher |
| • 1 Pck. Luftballons | • 1 Geschirrhandtuch |
| • 1 Pck. Gummibänder | • 1 Kittel |
| • 1 Sachinformationen (zur Hefegärung und zu Geräten und Materialien) | • 1 Paar Schutzhandschuhe |
| • 1 Mülleimer | • 1 Schutzbrille |

Anhang 4. Abbildungen der Experimentierumgebung.



Abbildung 1 und 2. Experimentierumgebung – Überblick.



Abbildung 4. Experimentierumgebung – Substrate.



Abbildung 3. Experimentierumgebung – Trockenhefe, Frischhefe und abgelaufene Frischhefe.



Abbildung 5 und 6. Experimentierumgebung – Labormaterialien.

Anhang 5. Leitfaden Instruktion.

Das Ziel dieser Studie ist die Analyse von Prozessen, die beim Experimentieren ablaufen. Also was überhaupt passiert, welche Handlungen vorkommen und welche nicht. Das Experiment definieren wir als „Untersuchung von kausalen Zusammenhängen“. **Hierfür möchte ich dich bitten zu experimentieren.** Um dein Vorgehen im Nachhinein analysieren zu können, werde ich den heutigen Termin auf Video aufzeichnen. Die Videoaufnahmen werden streng vertraulich unter Einhaltung der Datenschutzbestimmungen behandelt (s. Datenschutzerklärung).

- ➔ Einwilligungserklärung unterschreiben lassen!
- ➔ Kamera an (!?)

Bei der Bearbeitung der Aufgaben kannst du nichts richtig oder falsch machen. Es geht uns nicht darum, Fachwissen abzufragen. Ich interessiere mich lediglich was du wann warum machst. Dafür möchte ich dich bitten während des Experimentierens laut zu Denken. Da das zu Beginn etwas ungewohnt ist, werden wir das erst einmal kurz üben.

Übungsaufgabe

Im Weiteren werden wir wie folgt vorgehen:

Ich werde dir zunächst ein paar Hinweise zur Sicherheit und zu den Materialien geben. Dann bekommst du von mir ein Phänomen in Form eines Videos gezeigt. Solltest du noch Fragen zur Aufgabe haben, kannst du sie dann noch stellen. Damit die Untersuchung bei jedem Teilnehmer gleich abläuft, kann ich dir während des Experimentierens leider keine Fragen beantworten. Eine Ausnahme stellen Fragen dar, die die Sicherheit betreffen - diese kannst du jederzeit stellen. Zu allen Materialien, die unbekannt sein könnten, gibt es Erklärungen. Wenn du mit der Experimentieraufgabe fertig bist, gebe mir ein Signal. Du kannst anschließend bei einem kurzen Interview auch noch mal Stellung dazu nehmen oder Dein Vorgehen kommentieren.

Hast du bis hierher noch Fragen?

- aufgabenspezifische Sicherheitshinweise
- aufgabenspezifische Geräte erklären und Informationen zeigen

Studienziel

Datenschutz

Unterschrift!!!

Kamera anstellen?

Es gibt kein Richtig/Falsch

Lautes Denken

Übung zum L. Denken

Ablauf

- Sicherheitshinweise

- Phänomen

- bitte keine Fragen außer Sicherheitsfragen

- Signal bei Ende!

- Interview

- Sicherheitshinweise

- Geräte erklären

Anhang 6. Instruktion und Vorübungen zum lauten Denken.

Instruktion zum lauten Denken (Sandmann, 2014, S. 184)

DENKE BITTE LAUT!

Erzähle bitte alles, was du denkst, während Du experimentierst. Erzähle so lange, bis Du die Arbeit beendet hast.

LIES zu diesem Zweck LAUT.

Du solltest im Idealfall ohne Unterbrechung, also möglichst PAUSENLOS deine Gedanken zu den gerade bearbeiteten Textstellen SPRECHEN.

Du solltest deine Äußerungen vor dem Sprechen jedoch nicht besonders ordnen oder deine Gedanken besonders verständlich wiedergeben und auch nicht dem Versuchsleiter das Problem oder deine Gedanken erklären.

Stelle Dir vor, Du wärst GANZ ALLEIN IM RAUM und sprichst nur zu dir selbst. Wichtig ist, dass du möglichst IMMER REDEST.

Vorübungen zum lauten Denken (Sandmann, 2014, S. 185)

1. Multipliziere bitte 12 mal 13 im Kopf und erzähle alles, was dir dabei durch den Kopf geht.
2. Versuche zu schätzen, wie viele Fenster (Türen) in deiner Wohnung sind und erzähle alles, was dir dabei durch den Kopf geht.
3. Versuche zu schätzen, wie viele Stühle in deiner Wohnung stehen und erzähle alles, was dir dabei durch den Kopf geht.

Erzähle bitte alles, was Dir jetzt gerade durch den Kopf geht.

Anhang 7. Datenschutzerklärung.

Informationen zur Studie

Im Rahmen der Studie „Inquiry Skills“ wird die Experimentierkompetenz von Biologie-Lehramtsstudierenden untersucht. Sie wird im Rahmen eines Kooperationsprojektes von der Didaktik der Chemie und der Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie an der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt:

Annette Upmeier zu Belzen	Projektleiterin, Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie
Meta Kambach	Projektmitarbeiterin, Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie
Person 1 ³	Studentische Hilfskraft, Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie
Rüdiger Tiemann	Projektleiter, Didaktik der Chemie
Kerstin Patzwaldt	Projektmitarbeiterin, Didaktik der Chemie

Zur Analyse der Experimentierkompetenz werden die Teilnehmer bei der Bearbeitung einer Experimentieraufgabe videographiert. Die entstehenden Videos werden ausschließlich im Rahmen dieses Projekts und nur durch die Projektmitarbeiter analysiert. Für eine anderweitige Verwendung bedarf es einer erneuten Einwilligung des Teilnehmers. Die Videodaten werden an einem gesicherten Ort verwahrt und können nur von den oben genannten Projektmitgliedern abgerufen werden. Die Videodaten werden nach Abschluss der Analysen von den übrigen Daten getrennt aufbewahrt und nach Abschluss des Projekts, spätestens aber am 1.12.2017 gelöscht.

Die Teilnahme an der Studie und die Einwilligung zur Verwendung der Videodaten sind freiwillig, eine Nichtteilnahme hat keine Nachteile zur Folge. Die Einwilligung ist jederzeit durch Kontaktierung von Meta Kambach (meta.kambach@hu-berlin.de) widerrufbar.

Einwilligungserklärung von _____

Hiermit erkläre ich meine Einwilligung zur Teilnahme an der Studie „Inquiry Skills“ und zur Videoaufzeichnung unter den oben genannten Bedingungen.

Berlin, den _____

Datum, Unterschrift

Für eine Einwilligung zur weiteren Verwendung der Videodaten können sie mich wie folgt kontaktieren:

³ Die Personennamen wurden aus Personenschutzgründen anonymisiert.

Verlängerung der Datenschutzerklärung

Informationen zur Studie

Im Rahmen der Studie „Inquiry Skills“ werden Experimentierprozesse von Biologie-Lehramtsstudierenden untersucht. Sie wird im Rahmen eines Kooperationsprojektes von der Didaktik der Chemie und der Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie an der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt:

Annette Upmeier zu Belzen	Projektleiterin, Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie
Meta Kambach	Projektmitarbeiterin, Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie
Person 1 ⁴	Studentische Hilfskraft, Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie
Person 2 ⁵	Wiss. Mitarbeiter, Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie
Rüdiger Tiemann	Projektleiter, Didaktik der Chemie
Kerstin Patzwaldt	Projektmitarbeiterin, Didaktik der Chemie

Zur Analyse der Experimentierprozesse werden die Teilnehmer bei der Bearbeitung einer Experimentieraufgabe videographiert. Die entstehenden Videos werden ausschließlich im Rahmen dieses Projekts und nur durch die Projektmitarbeiter analysiert. Für eine anderweitige Verwendung bedarf es einer erneuten Einwilligung des Teilnehmers. Die Videodaten werden an einem gesicherten Ort verwahrt und können nur von den oben genannten Projektmitgliedern und in Ausnahmen auch Mitarbeiter_innen abgerufen werden. Die Videodaten werden nach Abschluss der Analysen von den übrigen Daten getrennt aufbewahrt und nach Abschluss des Projekts, spätestens aber am 1.12.2017 gelöscht.

Die Einwilligung zur Verlängerung der Verwendung der Videodaten ist freiwillig. Die Einwilligung ist jederzeit durch Kontaktierung von Meta Kambach (meta.kambach@hu-berlin.de) widerrufbar.

Einwilligungserklärung von _____

Hiermit erkläre ich meine Einwilligung zur Verlängerung der Verwendung der Videodaten unter den oben genannten Bedingungen.

Berlin, den _____

Datum, Unterschrift

Für eine Einwilligung zur weiteren Verwendung der Videodaten können sie mich wie folgt kontaktieren:

⁴ Die Personennamen wurden aus Personenschutzgründen anonymisiert.

⁵ Die Personennamen wurden aus Personenschutzgründen anonymisiert.

Anhang 8. Interviewleitfaden.

Frage	Teilfragen
Allgemeine Fragen	<p>Was studierst Du/hast Du studiert?</p> <p>Welche Fächer studierst Du?</p> <p>In welchem Fachsemester bist Du?</p>
<p>Allgemeine Fragen zum Experiment</p> <p><i>--> bezogen auf Planung, Durchführung, Auswertung[A16 -18]</i></p>	<p>Was ist Dir besonders gut gelungen?</p> <p>Was würdest Du beim nächsten Mal anders machen?</p> <p>[D14a/b] Welche Probleme und/oder Fehler sind aufgetreten?</p> <p>Wie hast du darauf reagiert?</p> <p>Alternativ: Warum hast du [das] geändert/korrigiert?</p>
<p>Welche Kenntnisse zu Hefe und zur Hefegärung hattest du bereits?</p>	<p>War dir das Thema/der Kontext vertraut?</p>
	<p>War dir das Experiment bekannt? -> woher? (Schule, Ausbildung, Beruf, Studium?) -> schon einmal durchgeführt?</p>
	<p>[H01b] Inwiefern konntest du dein Vorwissen beim Experimentieren nutzen?</p>
<p>Welche Kenntnisse zum Experimentieren hattest du bereits?</p> <p><i>> Ablauf, Variablen, Ziel, Kontrollansatz</i></p>	<p>War dir das Thema/ Experimentieren vertraut?</p>
	<p>[H01b] Inwiefern konntest du dein Vorwissen beim Experimentieren nutzen?</p>
<p>Welche Erfahrungen im Bereich Experimentieren hast du bereits gesammelt?</p>	<p>Hast du bereits (praktische) Erfahrung zum Experimentieren gemacht in...Schule, Ausbildung, Beruf, Studium?</p> <p>In welchen Lehrveranstaltungen im Studium, spielte das Experiment eine Rolle?</p> <p>Inwiefern konntest Du Dein Vorwissen beim Experimentieren nutzen?</p>

Anhang 9. Leitfaden zur Transkription.

In Anlehnung an Dresing und Pehl (2010). Praxisbuch Transkription: Regelsysteme, Software und praktische Anleitungen für qualitative ForscherInnen (2. Aufl.). Marburg: Eigenverlag.

Start und Ende der Transkription

- Das Transkript **startet** an der Stelle, an der der Student (S) mit der Aufgabenbearbeitung beginnt. Dieser Zeitpunkt wird in der Regel dadurch deutlich, dass der Testleiter (T) mit den Worten „Dann wünsch ich dir viel Spaß!“ oder „Na dann los!“ das Wort an S übergibt.
- Das Transkript **endet** nach der letzten Antwort, Rückfrage oder Anmerkung von S. Im Zweifelsfall werden alle Äußerungen bis zum Tonspurende transkribiert.

Dateibezeichnung

Die Transkriptionsdatei wird **vor Beginn der Transkription gespeichert**. Hierbei richten sich der Dateiname und der Speicherort nach der zugehörigen Audiodatei. So wird das Transkript zur Tonspur 1234567890.mp3 unter dem Namen 1234567890.rtf im Ordner 1234567890 gespeichert.

Aufbau der Transkriptionsdatei

Der erste Absatz

- beginnt mit Vermerken zu Besonderheiten der Aufnahme (siehe Absatz 1) und
- endet mit den Worten „Ende Einführung“ und einer entsprechenden Zeitmarke. Die Zeitmarke wird an die Stelle gesetzt, an der die_der Proband_in mit der Aufgabenbearbeitung beginnt (s.o.).

Die folgenden Absätze enthalten alles, was auf der Tonspur zu hören ist. Hierbei werden

- grammatikalische Fehler beibehalten,
- sprachliche Verkürzungen ausgeschrieben (z. B. Gehen wir statt gehn wa),
- abgebrochene Sätze mitgeschrieben und der Abbruch mit einem Slash (davor KEIN Leerzeichen, danach ein Leerzeichen) vermerkt (siehe Absatz 2) sowie
- eindeutig hörbare Ereignisse in Klammern, ggf. in einem neuen Absatz, notiert (siehe Absatz 8).

Absatzumfang

- Ein Absatz umfasst in der Regel einen vollständig gesprochenen Satz einer Person (jede in sich abgeschlossene, für sich stehende gedankliche Inferenz, z. B. „...wenn ein Elternteil heterozygot ist und eins homozygot rezessiv, dann wären es 75 %.“). Das entscheidende Kriterium für die Analyseeinheit ist der in sich abgeschlossene, nachvollziehbare Gedankenschritt.
- Redebeiträge der_s Student_in werden mit „V: “ eingeleitet, Redebeiträge der_s Testleiter_in mit „T: “.
- An das Ende eines jeden Absatzes wird eine Zeitmarke gesetzt.
- Ein neuer Absatz beginnt, falls
 - ein neuer Satz (in sich abgeschlossene, für sich stehende gedankliche Inferenz) beginnt,
 - der zu hörende Sprecher wechselt,
 - der Sprecher innerhalb eines Satzes das Thema wechselt,
 - unklar ist, ob das Thema gewechselt wurde,
 - eine Pause von mehr als 3 Sekunden beginnt.

- Bei Abbruch eines Satzes (Markierung durch/) beginnt KEIN neuer Absatz, wenn der Gedanke/das Thema anschließend fortgeführt wird (siehe Absatz 3).
- Sollte nach Abbruch eines Satzes (Markierung durch/) ein neuer Gedanke/neues Thema beginnen, beginnt damit auch ein neuer Absatz.
- Im Zweifelsfall werden Sätze durch ein Komma oder ein Semikolon verbunden und bleiben damit ein Absatz (siehe Absatz 9).

Konventionen und Abkürzungen

- Unverständliche Passagen werden mit (unv.) gekennzeichnet, falls der Sinn der unverständlichen Passage aus dem Kontext geschlossen werden kann, so wird der vermutete Sinn in Klammern geschrieben und mit einem Fragezeichen versehen (siehe Absatz 7).
- Pausen werden mit in Klammern gesetzten Punkten vermerkt:
 - (.) Pause, ca. 1 Sekunde
 - (..) Pause, ca. 2 Sekunde
 - (...) Pause, ca. 3 Sekunde
 - (Z) Pause, ca. Z Sekunden (siehe Absatz 6)
- Pausen zwischen zwei Redebeiträgen, die höchstens 3 Sekunden andauern, werden am Ende des ersten Redebeitrages gekennzeichnet (siehe z. B. Absätze 3-5).
- Einheiten werden abgekürzt, Zahlen ohne Einheiten werden ausgeschrieben (siehe Absatz 5).
- Summenformeln werden so geschrieben, wie sie vom Sprecher ausgesprochen wurden (z. B. CO₂).
- Für Interjektionen werden, unabhängig vom Originalwortlaut, folgende Vereinfachungen vorgenommen:
 - zustimmende Laute (z. B. ja, Mmh, aha) = Mhm (zustimmend),
 - ablehnende Laute (z. B. eh, ähäh) = mhm (verneinend),
 - verzögerte Laute (z. B. mmmh, äh, ähm, öh) = äh.

Ergänzung (Kuckartz, 2010, S. 44)

1. Es wird wörtlich transkribiert, also nicht lautsprachlich oder zusammenfassend. Vorhandene Dialekte werden nicht mit transkribiert.
2. Die Sprache und Interpunktion wird leicht geglättet, d. h. an das Schriftdeutsch angenähert.

Anhang 10. Beispieltranskript.

- 1 Transkript 20150516
Störgeräusche durch Abluftanlage: 00:32:58 bis 00:50:36
Ende der Einführung: #00:05:47-9#

=== Beginn LD-Protokoll ===
- 2 V: Äh. Eine Möglichkeit ist es halt die Rea/ Reaktion der Hefegärung sich anzugucken. #00:05:54-9#
- 3 V: Äh, das kann man gut mit einem Gärungssaccharometer bear/ beobachten, äh, wie viel Gas dabei entsteht. (..) #00:05:57-8#
- 4 V: Also, das müsste ein dann die Frischbackhefe sein. (...) #00:06:30-3#
- 5 V: Die 10mL Hefesuspension müsste ich dann in das Gärungssaccharometer geben und dann die Zeit stoppen, bis sieben ungefähr (...) #00:07:02-5#
- 6 V: (10) #00:07:14-5#
- 7 V: (Das?) füll ich erst mal in das kleine Becherglas rein. #00:08:22-2#
- 8 V: Ich nehme jetzt erst mal diese Uhr (drückt Stoppuhr Taste) und stoppe die Zeit. #00:09:00-2#
- 9 V: Ich könnte mir in der Zeit schon mal Gedanken machen/ weil ich ja sehe, dass nichts passiert/ Äh, was ich sonst noch so untersuchen könnte; also Variablen notieren, die die Gärungsaktivität von der Hefe noch beeinflussen könnten. (...) #00:10:55-6#

Anhang 11. Kodierleitfaden für Transkripte.

Analyseeinheiten

Auswertungseinheit	Verbales Protokoll eines Probanden	
Kodiereinheit		
	Kleinste Analyseeinheit	jeder einzelne Satz. Im Transkript entspricht dies einem Absatz. Es werden keine einzelnen Begriffe kodiert. sofern dieser eine in sich abgeschlossene, für sich stehende gedankliche Inferenz darstellt, z. B. „...wenn ein Elternteil heterozygot ist und eins homozygot rezessiv, dann wären es 75 %.“ (Sandmann, S. 186) (Krüger, Parchmann & Schecker, 2014). Das entscheidende Kriterium für die Analyseeinheit ist der in sich abgeschlossene, nachvollziehbare Gedankenschritt.
	Größte Analyseeinheit (Kontext Einheit)	mehrere Sätze derselben Sinneinheit werden einzeln in den entsprechenden Code kodiert und mit einem Memo mit Vermerk auf den Bezug versehen (z. B. "Abs. 152" bedeutet, dass der entsprechende Absatz in Bezug zu Absatz Nr. 152 steht)
Kontextinformationen		im 1. Absatz des LDP enthalten & Interview Transkript & Protokollscan & Video

Kodierregeln

1. Die Absätze werden den vorgegebenen Codes zugeordnet.
2. Jeder Absatz muss kodiert werden.
3. Bei Unsicherheiten bzgl. der Zuordnung oder bei diskussionswürdigen Auffälligkeiten werden die entsprechenden Aussagen mit einem erklärenden Memo versehen und in die Kategorie WA01 (besprechen) kodiert.
4. Doppel- bzw. Mehrfachkodierungen sind erlaubt, wenn Probanden in einer Sinneinheit gleichzeitig mehrere Geltungsansprüche erheben. In diesem Fall wird in einem Memo erklärt, welcher Teil des Satzes welchem Code zugeordnet wurde.
5. Phasenübergreifende Codes (Global), „Sonstiges“ und „weitere Aufgaben“ können in jedem Fall doppelt kodiert werden.
6. Es werden nur die Codes (Aspekte) kodiert, die Phasen und Teilphasen werden NICHT kodiert (mit Ausnahme von 7).
7. Wenn ein Absatz einer bestimmten Phase eindeutig zugeordnet werden kann (z. B. durch Explikation des Probanden), nicht aber einem spezifischen Code, wird der Absatz mit der entsprechenden Phase und zusätzlich mit der Kategorie WA01 (besprechen) kodiert (z. B. wenn die_der Proband_in auf einer Metaebene über eine Phase spricht).
8. „Abfolge der Experimente“ MUSS parallel kodiert werden.
9. Unverständliche Absätze wurden mit (unv.) transkribiert und werden in „nicht zuordenbar“ kodiert. In diesen Code werden außerdem unvollständige Sätze, deren Sinn sich nicht aus dem Zusammenhang ergibt sowie Äußerungen wie „äh“ oder „so“ kodiert.
10. Wenn eine Sinneinheit (z. B. ein zusammenhängender Satz) durch Pausen in mehrere Absätze getrennt ist, werden diese Absätze als eine Sinneinheit behandelt und in denselben Code kodiert. Derjenige Satz, dessen Sinn ohne den Bezug nicht deutlich ist, wird mit einem Memo mit einem Hinweis auf die entsprechenden Absätze versehen (Beispiel: In Absatz 254 beginnt eine Sinneinheit, wird durch eine Pause in Abs. 255 unterbrochen und endet in Abs. 256. Absatz 254 und 256 werden in denselben Code kodiert und Abs. 254 wird mit einem Memo „Abs. 256“ versehen).

Weitere Hinweise

- Die im Manual durch Unterstreichung hervorgehobenen Begriffe werden in der Spalte „Begriffsdefinitionen“ erläutert oder definiert.
- Umgang mit Sprechpausen: Alle Absätze, die lediglich Geräusche und/oder Sprechpausen enthalten, wurden mit (XY) transkribiert, wobei XY die Anzahl der Sekunden ist und damit die Länge der Pause darstellt. Diese Absätze werden mit „Kein LD“ kodiert.
- Eine Doppellinie am unteren Rahmenende zeigt das Ende der Unterkategorie an
- In der Spalte „Hinweis LDP“ werden Beispiele gegeben, oder auf andere Codes verwiesen.

Literatur

	QUELLE	ONLINE-ADRESSE
1	Duden	http://www.duden.de/
2	Springer Lexikon der Biologie	http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/
3	Wikipedia	https://www.wikipedia.de/
4		http://flexikon.doccheck.com/Einflu %C3 %9Fgr %C3 %B6 %C3 %9Fe
5		http://www.reiter1.com/Glossar/Glossar.htm
6		http://jumbo.uni-muenster.de/index.php?id=17
7	Grube 2010	
8		http://www.emf-portal.de/glossar.php?l=g
9	<i>DIN ISO 5725</i>	

Anhang 12. Kodierleitfaden für Videos.

Analyseeinheiten

Auswertungseinheit	Video eines Probanden	
Kodiereinheit		
	Kleinste Analyseeinheit	Zeitabschnitt zwischen zwei Zeitmarken mit einer Länge von mind. 3 Sekunden
	Größte Analyseeinheit (Kontext Einheit)	mehrere Zeitabschnitte derselben Sinneinheit (Handlung) werden gemeinsam (als eine Kodierung) in den entsprechenden Code kodiert. Ende der Kodierung ist immer eine Zeitmarke
Kontextinformationen		im Video-Transkript, Interview Transkript & Protokollscan enthalten

Kodierregeln

1. Das Video wird stumm (ohne Ton) kodiert.
2. Die Zeitabschnitte werden den vorgegebenen Codes zugeordnet.
3. Jeder Zeitabschnitt muss kodiert werden.
4. Wenn eine Handlung mehrere Zeitabschnitte überdauert, werden diese Zeitabschnitte als eine Sinneinheit behandelt und demselben Code zugeordnet.
5. Zeitabschnitte mit einer Länge von unter 3 Sekunden werden, je nach Sinneinheit, dem vorherigen oder dem darauffolgenden Zeitabschnitt zugeordnet.
6. Sobald eine Handlung die Hälfte des Zeitabschnitts andauert, wird dieser entsprechend kodiert.
7. Zeitabschnitte mit einer Länge von über 10 Sekunden können mittig unterteilt werden.
8. Bei Unsicherheiten bzgl. der Zuordnung oder bei diskussionswürdigen Auffälligkeiten werden die entsprechenden Aussagen mit einem erklärenden Memo versehen und in die Kategorie WA01 (besprechen) kodiert.
9. Doppel- bzw. Mehrfachkodierungen sind erlaubt, wenn Probanden in einem Zeitabschnitt gleichzeitig oder nacheinander mehrere Geltungsansprüche erheben.
10. Phasenübergreifende Codes (Global), „Sonstiges“ und „weitere Aufgaben“ können in jedem Fall doppelt kodiert werden.
11. Es werden nur die Codes (Aspekte) kodiert, die Phasen und Teilphasen werden NICHT kodiert (mit Ausnahme von 7).
12. Wenn ein Zeitabschnitt einer bestimmten Phase eindeutig zugeordnet werden kann (z. B. durch Explikation des Probanden), nicht aber einem spezifischen Code, wird der Absatz mit der entsprechenden Phase kodiert (z. B. wenn die_der Proband_in auf einer Metaebene über eine Phase spricht).
13. Zeitabschnitte, deren Handlungen nicht eindeutig interpretiert werden können, werden in „nicht zuordenbar“ kodiert.
14. Zeitabschnitte, deren Handlungen zwar benannt werden können, jedoch nicht durch einen der Codes abgedeckt sind, werden unter „Sonstiges“ kodiert.
15. Evtl.: „Abfolge der Experimente“ MUSS parallel kodiert werden.

Weitere Hinweise

- Die im Manual durch Unterstreichung hervorgehobenen Begriffe werden in der Spalte „Begriffsdefinitionen“ erläutert oder definiert.
- In der Spalte „Hinweis Video“ werden Beispiele gegeben, oder auf andere Codes verwiesen.

Anhang 13. Kodierleitfaden für Laborprotokolle und Aufbaus- kizzen.

Analyseeinheiten

Auswertungseinheit	Laborprotokoll eines Probanden	
Kodiereinheit		
	Kleinste Analyseeinheit	Einzelner notierter Wert
	Größte Analyseeinheit (Kontext Einheit)	Einheit aus notierten Werte wie bspw. eine Tabelle oder ein Graph

Kodierregeln

1. Für die Kodierung der Laborprotokolle und Aufbausskizzen werden das Kodiermanual für Transkripte sowie für die Niveaustufen zugrunde gelegt.
2. Die Kodiereinheiten werden den vorgegebenen Codes zugeordnet.
3. Jede Kodiereinheit muss kodiert werden.
4. Bei Unsicherheiten bzgl. der Zuordnung oder bei diskussionswürdigen Auffälligkeiten werden die entsprechenden Aussagen mit einem erklärenden Memo versehen und in die Kategorie WA01 (besprechen) kodiert.
5. Doppel- bzw. Mehrfachkodierungen sind erlaubt, wenn Probanden in einer Kodiereinheit gleichzeitig mehrere Geltungsansprüche erheben.
6. Phasenübergreifende Codes (Prozessübergreifend), „Sonstiges“ und „weitere Aufgaben“ können in jedem Fall doppelt kodiert werden.
7. Es werden nur die Codes (Aspekte) kodiert, die Phasen und Teilphasen werden NICHT kodiert (mit Ausnahme von 7).
8. Wenn ein Zeitabschnitt einer bestimmten Phase eindeutig zugeordnet werden kann, nicht aber einem spezifischen Code, wird der Absatz mit der entsprechenden Phase kodiert (z. B. wenn die_der Proband_in auf einer Metaebene über eine Phase spricht).
9. Kodiereinheiten, deren Inhalt nicht eindeutig interpretiert werden können, werden in „nicht zuordenbar“ kodiert.
10. Kodiereinheiten, deren Inhalt zwar benannt werden können, jedoch nicht durch einen der Codes abgedeckt sind, werden unter „Sonstiges“ kodiert.

Weitere Hinweise

- Die im Manual durch Unterstreichung hervorgehobenen Begriffe werden in der Spalte „Begriffsdefinitionen“ erläutert oder definiert.
- In der Spalte „Hinweise“ werden Beispiele gegeben, oder auf andere Codes verwiesen.

Anhang 14. Kodierleitfaden für wahrgenommene Lerngelegenheiten.

Analyseeinheiten

Auswertungseinheit	Interview einer_s Proband_in	
Kodiereinheit		
	Kleinste Analyseeinheit	Gesprochener Satz einer_s Proband_in
	Größte Analyseeinheit (Kontext Einheit)	Kompletter Redebeitrag einer_s Proband_in

Kodierregeln

1. Die Kodiereinheiten werden den vorgegebenen Codes zugeordnet.
2. Jede Kodiereinheit muss kodiert werden.
3. Bei Unsicherheiten bzgl. der Zuordnung oder bei diskussionswürdigen Auffälligkeiten werden die entsprechenden Aussagen mit einem erklärenden Memo versehen und in die Kategorie WA01 (besprechen) kodiert.
4. Doppel- bzw. Mehrfachkodierungen sind erlaubt, wenn Probanden in einer Kodiereinheit gleichzeitig mehrere Geltungsansprüche erheben.
5. Wenn möglich, werden Art und Quelle des Wissens parallel kodiert.
6. Kodiereinheiten, deren Inhalt nicht eindeutig interpretiert werden können, werden in „nicht zuordenbar“ kodiert.
7. Kodiereinheiten, deren Inhalt zwar benannt werden können, jedoch nicht durch einen der Codes abgedeckt sind, werden unter „Sonstiges“ kodiert.

Kodiermanual

Code	Indikatoren
Art	
\Wissen	
\\zum Experimentieren	Benennt/berichtet über Wissen zum Experimentieren expliziert, dass sie_er über Wissen zum Experimentieren verfügt
\\zur Hefegärung	Benennt/berichtet über Wissen zur Hefegärung expliziert, dass sie_er über Wissen zur Hefegärung verfügt
\Erfahrungen	
\\zum Experimentieren	Benennt/berichtet über Erfahrungen zum Experimentieren
\\zur Hefegärung	Benennt/berichtet über Erfahrungen zur Hefegärung expliziert, dass sie_er über Erfahru im Umgang mit Hefe und/oder Gärung verfügt
Quelle	
\Alltag	Nennt den Alltag oder private Erlebnisse als Quelle für Wissen/Erfahrungen
\Schule	Nennt die Schule oder Unterricht als Quelle für Wissen/Erfahrungen
\Studium	Nennt das Studium als Quelle für Wissen/Erfahrungen
\\Biologie	
\\Physik	
\\Chemie	
Berufliche Tätigkeiten	Nennt berufliche Tätigkeiten als Quelle für Wissen/Erfahrungen

Anhang 15. Kodiermanual zur Prozessstruktur/Transkripte.

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
	_X=induktiv entwickelte Kategorie. _u=umformulierte Kategorie. /fusionierte Kategorie (beispielsweise E02/E03).	- es muss nur einer der Indikatoren erfüllt sein, um den Code zu entsprechen.	<i>V: In diesem Fall sind keine Beispiele im Material vorhanden (Hypothetisch).</i>	fett geschrieben ist ein Hinweis auf einen anderen Code im System (Abgrenzung oder Doppelkodierung).
E00	Phänomen/ Problem (Ph/P)	- explizite Äußerungen zur Phase Phänomen/Problem (auf Metaebene)		*Phänomen = z. B. Video zur Hefegärung
E01	/beobachtet Phänomen/Problem	- expliziert, dass sie/er das Phänomen beobachtet - beschreibt Beobachtung während der Betrachtung des Phänomens - benennt direkt sichtbare Eigenschaft/Eigenart des Phänomens (z. B. Veränderung der Masse, Gasbildung) - nennt/beschreibt die Abwesenheit sichtbarer Eigenschaften/Eigenarten des Phänomens/Problems	<i>V: Ich sehe den Film. (V1 Transkript, Abs. 11)</i> <i>V: Bei der rechten passiert gar nichts. (...)</i> (V1 Transkript, Abs. 24) <i>V: Okay, also es geht um Hefegärung. Steht da ((liest)) Phänomen Hefegärung. (V1 Transkript, Abs. 18-19)</i> <i>V: Und zwei Hefesuspensionen werden verglichen und irgendwie mit der einen, da steigt die Hefe oder irgendwas, die Suspension steigt halt hoch. (V1 Transkript, Abs. 21)</i> <i>V: Sieht irgendwie schaumig aus. (V1 Transkript, Abs. 22)</i>	Hier wird NUR beschrieben, NICHT gedeutet oder interpretiert. Es werden nur Aspekte genannt, die direkt sichtbar sind (Abgleich mit Phänomen=Video) Sichtbare Eigenart von Hefegärung: erkennbare Veränderungen der Masse, verbunden beispielsweise mit Gasbildung. Wird ggf. parallel kodiert mit: - E02 (identifiziert Phänomen/Problem) , wenn das Phänomen [Hefegärung] gleichzeitig identifiziert wird - E03 (definiert Phänomen/Problem) wenn typische Eigenschaften des Phänomens [Hefegärung] genannt/beschrieben werden
E02/03	/beschreibt Phänomen/ Problem	- benennt das Phänomen/Problem - benennt spezifischen Aspekt des Phänomens/Problems - formuliert Phänomen/Problem in Form einer Frage - nennt Fragen bzgl. des Phänomens/Problems - nennt/beschreibt	<i>V: Okay, also es geht um Hefegärung. (V1 Transkript, Abs. 18)</i> <i>V: Also, ich kann mir vorstellen, dass es irgendwas/ also, es war ja eine Suspension, jetzt ist die Frage, worin diese Hefe eigentlich (.) drin war. (..) (V1 Transkript, Abs. 37)</i> <i>V: Wobei ich mich immer noch frage, warum das links so hoch ging</i>	Das Phänomen/Problem ist in diesem Fall z. B. "Hefegärung". Hier können sowohl Aspekte genannt werden, die direkt sichtbar sind, als auch neue Aspekte, die nicht direkt sichtbar sind.

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		<p>nicht sichtbare Eigenschaft/Eigenart des Phänomens/Problems</p> <p>- nennt/beschreibt die Abwesenheit</p> <p>nicht sichtbarer Eigenschaften/Eigenarten des Phänomens/Problems</p>	<p>und rechts nicht.</p> <p>(V1 Transkript, Abs. 150)</p>	<p>Nicht sichtbare Eigenart von Hefegärung: Veränderungen biotischer Stoffe verbunden beispielsweise mit Erwärmung und Zersetzung sowie mikrobieller Abbau organischer Stoffe (z. B. Zucker) zum Zweck der Energiegewinnung.</p>
E04	/versteht und charakterisiert Phänomen/Problem			
E07	//setzt <u>Sachverhalte</u> in Beziehung	<p>- nennt Beziehung zwischen <u>Sachverhalten</u> unterschiedlicher Quellen</p> <p>- bezieht <u>Sachverhalte</u> unterschiedlicher Quellen in die Argumentation ein</p>	<p>V: [...] überrascht mich jetzt aber, weil das <i>in dem Video</i> ja so war, dass die beiden Gläser gleich waren, [...].</p> <p>(V1 Transkript, Abs. 116)</p> <p>V: [...] in dem Film war ja eigentlich kein Abschluss von Sauerstoff, außer vielleicht durch das Wasser selber.</p> <p>(.)</p> <p>(V1 Transkript, Abs. 142)</p> <p>V: Vielleicht war es ja auch <i>in dem linken</i> äh frische Hefe, denn das Experiment ging ja nur 30 Minuten und vielleicht braucht die hier ((hält die Trockenhefe hoch)) einfach eine Stunde, um startklar zu werden. (..) Aha. (...)</p> <p>(V1 Transkript, Abs. 173)</p> <p>V: In dem Film ging das glaube ich ziemlich schnell los.</p> <p>(V1 Transkript, Abs. 285)</p>	<p>Quellen sind hier das Video und/oder gegebene (Sach-)Informationen.</p> <p>z. B. Beziehung einer Aussage zum Phänomen/Problem (Video) oder zum Informationsmaterial.</p>
E10	//zerlegt komplexes Phänomen/Problem in Teilphänomene/ Teilprobleme	<p>- nennt ein (oder mehrere) Teilphänomen(e)/Teilproblem(e) nachdem ein komplexes Phänomen/Problem formuliert wurde</p> <p>- expliziert, dass es mehrere Teilphänomene/Teilprobleme gibt</p>	<p>V: Ähm, Aber ich finde, das ist erst <i>der zweite Schritt.</i></p> <p>(V1 Transkript, Abs. 58)</p> <p>V: Also das Phänomen Hefegärung ist ja ein ziemlich komplexer Prozess, der aus einem Input, dem Gärprozess und einem Output besteht.</p> <p>(Hypothetisch)</p>	<p>Der Begriff „Teilproblem“ muss nicht als Schlüsselbegriff genannt werden.</p> <p>Mögliche Synonyme: „Schritte“, „Teilschritte“, „Aspekte“, ...</p> <p>Hier werden noch keine konkreten Variablen benannt, die Aussage bleibt zunächst auf Phänomen-Ebene.</p>
E12	/wählt Darstellungsform	- nennt Darstellungsform, um das Phänomen/Problem	V: Ich zeichne mir dazu mal ein Schema, um das besser zu verstehen.	Mögliche Darstellungsformen: Zeichnungen, Skizzen,

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		zu visualisieren - beschreibt, wie sie/er das Phänomen/Problem anders darstellt	(Hypothetisch) V: Ähm, ich mache mir dazu mal eine kurze Skizze (...). (Hypothetisch)	Strukturformeln, Diagramme, Tabellen, ...
E13	/übersetzt gegebene Information in fachspezifischen Kontext	In der vorliegenden Studie nicht kodiert.		
F00	Frage (F)	- explizite Äußerungen zur Phase Frage/Ziel (auf Metaebene)	V: Also ich werde mir als erstes Mal eine Frage überlegen, die ich dann untersuchen kann. (Hypothetisch)	
F01	/formuliert Forschungsfrage	- nennt Forschungsfrage	V: Aha, ich kann noch herausfinden, (..) wie stark in Abhängigkeit von der Nahrung (.) die Gärung dann passiert oder wie viel Nahrung die brauchen und was dann mehr steigt, oder so. (..) (V1 Transkript, Abs. 57) V: Das heißt, wie hoch/ man könnte sich fragen, wie hoch muss die Glucosekonzentration sein, damit auch unter aeroben Bedingungen Gärung stattfindet? (V1 Transkript, Abs. 148)	- Hier sind nur wissenschaftliche Fragen gemeint, keine Verständnisfragen. - Im Gegensatz zu F03_X (Formuliert Forschungsziel) muss der Satz als <u>direkte</u> oder <u>indirekte</u> Frage formuliert sein. Überprüfung: Wenn der Satz in eine Frage umformuliert werden kann, ist er als Frage zu kodieren.
F02	/klärt gegebene Fragestellung	In der vorliegenden Studie nicht kodiert. Studie nicht kodiert.		Da keine Fragestellung vorgegeben wird, wird dieser Code von der Kodierung ausgeschlossen.
F03_X	/formuliert Forschungsziel	- nennt Forschungsziel - wiederholt ein bereits genanntes Forschungsziel	V: Ja, und ich möchte jetzt eigentlich herausfinden, was da passiert ist, oder eigentlich möchte ich, dass bei mir die Hefesuspension bei mir auch so steigt , (..) weil das irgendwie cool ist, ein cooler Effekt. Den möchte ich jetzt reproduzieren. ((lacht)) (V1 Transkript, Abs. 28-29) V: Ok, da das ja offensichtlich was mit der Hefegärung zu tun hatte, (..) will ich mal herausfinden , (..) vielleicht, wie die funktioniert . (V1 Transkript, Abs. 32) V: Äh, ich würde einfach einen kurzen Vergleich in einem Experiment (.) versuchen durchzuführen, wo man beobachten kann, ob/ (..) ja, die Hefe beim Wachsen beobachten kann , also quasi bei der (.) Gärung.	Im Gegensatz zu F01 (formuliert Forschungsfrage) wird hier kein Fragesatz formuliert. Der Satz ist auch nicht in einen Fragesatz umzuformulieren.

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			(V3 Transkript, Abs. 35) V: Also, ich probiere erst mal, dass da überhaupt irgendwas passiert und dann gucke ich mal wie das qualitativ ist (.) äh quantitativ. (V1 Transkript, Abs. 59)	
H00	Hypothese (H)	- explizite Äußerungen zur Phase Hypothese (auf Metaebene)	V: So, das wäre dann meine erste Hypothese, die mit der Zuckermenge. (Hypothetisch)	
H02	/formuliert Hypothese	- nennt eine Wortgruppe, die mindestens zwei Variablen und eine Relation enthält - nennt eine bereits genannte Hypothese erneut - Nennt einen Konditionalsatz, der als Vorhersage gedeutet werden kann (z. B. Wenn [unabhängige Variable], dann [abhängige Variable]) - expliziert, dass er eine Hypothese formuliert, auch wenn sie nicht den oben genannten Kriterien entspricht	V: Ja, ich kann der Hefe da bestimmt irgendwas zu essen geben, und wenn ich ihr das richtige zu essen gebe, dann passiert das. (...) (V1 Transkript, Abs. 40) V: Also, wie viel Milliliter pro Zeiteinheit gebildet werden, das müsste ja immer weniger werden, weil ja immer weniger (..) Zucker wird, aber die Konzentration ist ja auch sehr hoch. (.) Äh (.) (V1 Transkript, Abs. 352) V: Also, je mehr Hefe bei ausreichend Zucker, umso schneller wird es gehen. (V1 Transkript, Abs. 753)	"das Richtige zu essen" = unabhängige Variable "das" = abhängige Variable "dann passiert" = Relation "Milliliter pro Zeiteinheit" = abhängige Variable "Zucker" = unabhängige Variable "immer weniger" = Relation "Hefe" = unabhängige Variable "Zucker" = Kontrollvariable "es" [Hefegärung] = abhängige Variable "je mehr, desto schneller" = Relation
H03	/nennt Variable	- benennt [nicht operationalisierte] Variable, die untersucht werden kann/könnte	V: [Guckt auf die Sachinformation] Zucker brauchen wir. (.) (V1 Transkript, Abs. 196 - 196)	Variable bezieht sich hier auf den nicht operationalisierten Zustand der Variablen z. B.: - Hefe, Zucker, Temperatur, Dauer, ... - Hefeart, Zuckerart, ... - Hefemenge, Zuckermenge, ... Gegensatz zu H04 (wählt Variable aus) : - sagt, welche Variable potentiell in Frage kommt, - benennt Variable ohne das Ziel sie zu untersuchen. WICHTIG: - nennt keine Relation

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
				und keine vollständige Hypothese, sonst H02 (formuliert Hypothese) oder H05 (definiert Relation) kodieren. - nennt keine Merkmalsausprägung (z. B. Glucose, Saccharose, Frischhee, Trockenhee, Kalt, Warm, ...), sonst P05 (wählt Werte-Tupel aus) kodieren.
H06	/prüft die Plausibilität der <u>Hypothese</u>	<ul style="list-style-type: none"> - nennt Aspekte zur Sinnhaftigkeit, Verständlichkeit oder fachlichen Richtigkeit der <u>Hypothese</u> - nennt Aspekte der Sinnfreiheit, Unverständlichkeit oder Falschheit der Hypothese - begründet Wahl der <u>Variablen</u> - begründet Wahl der <u>Hypothese</u> - hinterfragt die <u>Hypothese</u> 	<p>V: [...] was jetzt irgendwie meine Anfangshypothese so ein bisschen ad absurdum führt, dass links Gärung war, weil das da hoch kam und rechts war es keine Gärung, sondern Atmung vielleicht. (.) (V1 Transkript, Abs. 126)</p> <p>V: Naja, vielleicht entsteht ja mehr CO2 bei Gärung, dann könnte das trotzdem so sein. (.) (V1 Transkript, Abs. 127)</p> <p>V: Ok, also, es stützt die Hypothese, dass links in dem, in dem Becherglas in dem Film Gärung stattgefunden hat und rechts nicht. (.) (V1 Transkript, Abs. 177)</p>	
H07_X	/setzt <u>Hypothese</u> mit Theorie in Verbindung	<ul style="list-style-type: none"> - nennt Beziehung zwischen <u>Theorie</u>* und <u>Hypothese</u> - Bezieht <u>Theorie</u>* in die Formulierung der <u>Hypothese</u> ein - Nennt Aspekte der <u>Theorie</u> während der Formulierung der <u>Hypothese</u> 	<p>V: Also meine Hypothese bezieht sich ja auf diesen Aspekt hier, dass die Hefe zum Beispiel in Obst vorkommt (...) steht hier. (Hypothetisch)</p>	<p>* Theorie kann aus unterschiedlichen Quellen stammen, z. B. aus Vorerfahrungen, aus Fachwissen oder aus Ergebnissen vorhergehender Experimente.</p> <p>Wenn ein Bezug zum Phänomen hergestellt wird, dann E07 (setzt Sachverhalte in Beziehung) kodieren.</p>
P00	Planung (P)	- explizite Äußerungen zur Phase Planung (auf Metaebene)	<p>V: Also (...) als nächstes werde ich mir mal einen Versuchsplan überlegen. (Hypothetisch)</p>	
P03_X	/identifiziert eine Art von Experimenten	- nennt die Art eines Experiments, das potenziell in Frage kommt	<p>V: Man könnte natürlich auch einen Vergleich machen zwischen Ja! und Dr. Oetker. (.) (V3 Transkript, Abs. 46)</p> <p>V: Man kann ja [...] äh, eventuell das CO2 nachweisen [...] könnte</p>	Z. B. mit den Worten "man könnte", "wäre auch interessant", ...

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<i>man hier [...] diesen Trübungstest/ [...] so was könnte man zum Beispiel noch machen (..) [...]</i> (V3 Transkript, Abs. 273)	
P03	<u>/wählt</u> eine Art von Experimenten <u>aus</u>	<ul style="list-style-type: none"> - nennt die Art des geplanten Experiments - nennt die Art des Experiments mit dem Ziel, dieses auszuführen 	<p>V: <i>Äh, ich würde einfach einen kurzen Vergleich in einem Experiment (.) versuchen durchzuführen, wo man beobachten kann, ob/ (..) ja, die Hefe beim Wachsen beobachten kann, also quasi bei der (.) Gärung.</i> (V3 Transkript, Abs. 35)</p> <p>V: <i>Also, ich probiere erst mal, dass da überhaupt irgendwas passiert und dann gucke ich mal wie das qualitativ ist (.) äh quantitativ.</i> (V1 Transkript, Abs. 59)</p>	z. B. Vergleichsexperiment, kontrolliertes Experiment, bestätigendes Experiment.
P04	<u>/plant</u> Experiment	Beschreibt die Durchführung eines Experiments, das sie/er nicht zeitgleich durchführt		Wird nur kodiert, wenn keine der folgenden Kategorien (P05-P08) explizit angesprochen wird.
D02b	<u>//operationalisiert</u> Variable	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt, wie die Ausprägung einer <u>Variable gemessen</u> werden kann - nennt messbare Ausprägungen einer <u>Variable</u> - expliziert, dass sie/er <u>Variable(n) operationalisiert</u> 	<p>V: <i>Und ich kann das dann daran erkennen, ob da Gärung stattfindet, wenn die Suspension hier größer wird (..) also steigt.</i> (Hypothetisch)</p> <p>V: <i>Und als Temperaturabstufungen nehme ich jetzt mal (.) 0°, Zimmertemperatur, zehn und 20°.</i> (Hypothetisch)</p>	<p>Inbegriffen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - unabhängige Variable(n) - abhängige Variable - Kontrollvariable(n) <p>Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zellzahl der Hefen (=Operationalisierung von Hefemenge), - Trockenhefe, Frischhefe (=Operationalisierung von Hefeart), - Grammmzahl der Zucker (=Operationalisierung von Zuckermenge), - Glucose, Saccharose, ... (=Operationalisierung von Zuckerart), - Menge der Gasbildung (=Operationalisierung von Hefegärung), - Grad Celsius (=Operationalisierung von Temperatur).
P05	<u>//wählt</u> Wertetupel aus	- nennt für je einen Versuchsansatz die konkreten Zustände der Variablen	V: <i>Ich würde einfach (..) die Hefe mit verschiedenen Zuckern ansetzen, die Hefe (...) mit Zucker und Mehl ansetzen, mit den verschiedenen Zuckern und Mehl und dann gleichzeitig noch den Vergleich zwischen der Trockenhefe, der abgelaufenen (.) und der frischen/ (.) Frischhefe. (...)</i>	Nur kodieren, wenn konkrete Merkmalsausprägungen der Variable genannt werden. Z. B. Glucose/Saccharose,

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<p>(V7 Transkript, Abs.16)</p> <p>V: Also ((starke Beeinträchtigung des Tons durch Rascheln mit der Papierverpackung)) ich mache jetzt einfach mal, (.) jetzt mal zwei (.) äh, Kuchen an, ein mal Kuchen ohne Zutaten außer mit Wasser und Mehl und einmal Frischhefe und ein mal (.) mit äh (.) Trockenhefe. (V3 Transkript, Abs. 61 - 61)</p> <p>V: Zwei, da ist dann auch das Nährmedium drin, ((schreibt)) Medium, und ein Gramm Trockenhefe sind drei Komma fünf sieben (.) drei Komma fünf sieben (.) Gramm Backhe/ Frischhefe (.) Frischhefe. So. (.) (V9 Transkript, Abs. 255)</p>	Frischhefe/Trockenhefe, kalt/warm, lang/kurz.
P06	//wählt <u>Technik</u> aus	<ul style="list-style-type: none"> - nennt/beschreibt eine bestimmte <u>Technik</u>, die sie/er plant zu nutzen/nach der sie/er plant vorzugehen - expliziert, dass sie/er sich für/gegen eine bestimmte <u>Technik</u> entscheidet 	<p>V: Oh, dann nehme ich doch gleich hier dieses tolle (..) ((liest)) Gärungssaccharometer (..) und gucke, was passiert. (V1 Transkript, Abs. 205)</p> <p>V: Ja, ich glaube, ich brauche das ((Saugkolbenmesspipette)) jetzt erst mal nicht, ich habe ja das ((Gärungssaccharometer)) da. (..) (V1 Transkript, Abs. 373)</p>	
P06_X	//wählt Gerät/Material aus	<ul style="list-style-type: none"> - nennt/beschreibt Geräte und/oder Materialien, die sie/er plant zu nutzen - expliziert, dass sie/er sich für/gegen bestimmte Geräte/Materialien entscheidet 		
D05	//bestimmt <u>Versuchsansatz</u>	<ul style="list-style-type: none"> - legt die Zusammensetzung eines <u>Versuchsansatzes fest</u> - äußert Überlegungen zur Zusammensetzung eines <u>Versuchsansatzes</u> - stellt Fragen bzgl. der Zusammensetzung eines <u>Versuchsansatzes</u> - nennt Mengen und/oder Verhältnisse eines <u>Versuchsansatzes</u> 		

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
D05a_X	/// <u>bestimmt Stammlösung</u>	<ul style="list-style-type: none"> - legt die Zusammensetzung der <u>Stammlösung</u> fest - nennt Menge/Verhältnis einzelner Komponenten der <u>Stammlösung</u> - äußert Überlegungen zur Menge/Zusammensetzung der <u>Stammlösung</u> - stellt Fragen bzgl. der Menge/Zusammensetzung der <u>Stammlösung</u> 	<p>V: So, (.) nehmen wir hier mal/ ach, für 500 Gramm Weizenmehl. (...) (V3 Transkript, Abs. 54)</p> <p>V: So, zehn Milliliter Wasser sollen da rein, obwohl ich fand mit den zehn Milliliter hat hier gar nicht so richtig gut reingepasst, (.) aber zehn Milliliter ist nun mal das, wo ich jetzt hier gerade eine Skala für habe, oder ich nehme (.), nehme weniger. (V1 Transkript, Abs. 215)</p> <p>V: Ich probiere mal ob es auch mit weniger Wasser geht, also vielleicht acht, dann habe ich mehr Vertrauen in dieses Kolben-Ding. (V1 Transkript, Abs. 219)</p>	
D05b_X	/// <u>bestimmt Einflussgröße</u>	<ul style="list-style-type: none"> - legt die Menge/Zusammensetzung der <u>Einflussgröße</u> fest - nennt Verhältnis der <u>Einflussgröße</u> zur <u>Stammlösung</u> - äußert Überlegungen zur Menge/Zusammensetzung der <u>Einflussgröße</u> - stellt Fragen bzgl. der Menge/Zusammensetzung der <u>Einflussgröße</u> 	<p>V: Gut. (.) Ein halber Würfel Frischhefe. (V3 Transkript, Abs. 52)</p> <p>V: Na, was könnte denn so angemessen sein für acht Milliliter Wasser? (V1 Transkript, Abs. 242)</p> <p>V: Ja, also ein halber Würfel Frischhefe, (.) das ist übertrieben. So ein halber Würfel muss hier nicht rein. (.) (V1 Transkript, Abs. 250)</p> <p>V: Ich nehme jetzt/ ich nehme jetzt einfach ein Gramm. (V1 Transkript, Abs. 253)</p>	
P08a_X	/// <u>berücksichtigt Homogenitätsbedingung</u>	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt die Konstanthaltung der Versuchsbedingungen - beschreibt, dass sie/er die Versuchsbedingungen konstant halten wird - nennt den Zweck der Konstanthaltung der Versuchsbedingungen - nennt Folgen bei fehlender Konstanthaltung der Versuchsbedingungen - beschreibt/benennt die Gleichheit der Versuchsansätze (Kontrollvariablen) 	<p>V: Die Zuck/ die verwendete Zuckermenge bei allen (.) Versuchsaufbauten sollte (.) identisch sein, um (.) Vergleichswerte ziehen zu können. (V7 Transkript, Abs. 41)</p> <p>V: Überall (unv.) die gleiche Menge damit/ (...) die Suspensionen (unv.) eine ähnliche Konzentration haben. (V7 Transkript, Abs. 80)</p>	

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		zum Zweck der Kontrolle von beeinflussenden Variablen		
P808b_X	//berücksichtigt Störvariable			
P08	//entwirft <u>Kontrollansatz</u>	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt einen <u>Kontrollansatz</u>, der angesetzt werden soll - sagt, dass kein <u>Kontrollansatz</u> geplant ist 	<p>V: Und als Vergleichsprobe/ noch zwei Ansätze, einmal mit Trocken- und einmal mit Frischhefe ohne Zuckerzusatz. (V7 Transkript, Abs. 107 - 109)</p> <p>V: Ach, ich hätte das auch mal ohne Zucker reingießen können, aber ich weiß ja, dass dann/ also ohne Zucker passiert keine Gärung. (...) (V1 Transkript, Abs. 1130)</p>	
P07a	//plant <u>Beobachtung</u>	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt, <u>was, wann, wie</u> und/oder <u>womit</u> etwas <u>beobachtet</u> (oder nicht beobachtet) werden soll (z. B. visuelle Veränderungen) - sagt, dass sie/er (k)eine Beobachtung plant 	<p>V: So (.). Müssen wir jetzt mal gucken, was jetzt passiert. (...) (V3 Transkript, Abs. 194 - 194)</p> <p>V: ob man da vielleicht was sehen kann. (V3 Transkript, Abs. 278)</p> <p>V: [...] also das lasse ich jetzt mal stehen, vielleicht passiert ja noch was (.) und ich bin nur zu ungeduldig. (V1 Transkript, Abs. 417)</p> <p>V: [...] den gucke ich mir später nochmal an [...]. (V1 Transkript, Abs. 987)</p>	<p>Unterschied zu „plant Messprozedur“: Bei der Beobachtung sind nur visuelle (z. B. Farben, unbestimmte Größen, Geruch, Konsistenz,...), keine numerischen Messwerte enthalten.</p> <p>Was, wann, wie und/oder womit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beobachtungsmethode(n)/-verfahren, - Beobachtungsdauer, - Beobachtungswiederholungen, - Beobachtungseinheit(en).
P07b	//plant <u>Messprozedur</u>	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt, <u>was, wann, wie</u> und/oder <u>womit</u> etwas <u>gemessen</u> (oder nicht gemessen) werden soll (z. B. Zeitabstände) - sagt, dass sie/er (k)eine <u>Messung</u> plant 	<p>V: Und würde alle die gleiche Zeit über stehen lassen, um zu sehen wie weit der Gärprozess (.) äh voranschreitet und bei welcher Zuckerform oder welcher Hefeform äh wir zum einem schnelleren und langsameren Ergebnis kommen. (V7 Transkript, Abs. 83)</p> <p>V: Müssen wir (..)/ Ja, wir müssen jetzt das quasi 15 Minuten gehen lassen. (V3 Transkript, Abs. 232 - 232)</p> <p>V: Schauen wir mal, was passiert. (...) Jetzt müssen wir erst mal 15 Minuten warten. (...) Ich habe gar keine Uhr um. (V3 Transkript, Abs. 240 - 240)</p> <p>V: Ich mache ja auch eh gerade keine Zeiterfassung. (...)</p>	<p>Unterschied zu „plant Beobachtung“: Bei der Messprozedur sind nur numerische (Zahlen, bestimmte Größen, Werte,...), keine visuellen Messwerte enthalten.</p> <p>Was, wann, wie und/oder womit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Messgerät, - Messmethode/-verfahren, - Messdauer, - Messwiederholungen, - Messeinheit.

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<p>(V1 Transkript, Abs. 319)</p> <p>V: <i>Ok, aber jetzt werde ich doch mal eine Uhr anmachen, um zu gucken, wie lange das so ungefähr dauert, bis man irgendwas sehen kann. (.)</i> (V1 Transkript, Abs. 342)</p>	
P09	/sagt <u>Ergebnis</u> <u>vorher</u>	<ul style="list-style-type: none"> - nennt vermutetes <u>Ergebnis</u> - nennt vermuteten Verlauf des Experiments - expliziert, dass sie/er keine <u>Vermutung</u> über die <u>Ergebnisse</u> und/oder den Verlauf des Experiments hat 	<p>V: [...] das müsste ja immer weniger werden, weil ja immer weniger (..) Zucker wird, aber die Konzentration ist ja auch sehr hoch. (.) Äh (.) (V1 Transkript, Abs. 352)</p> <p>V: Also eigentlich müsste es wahrscheinlich ein linearer Zusammenhang einfach bleiben über einen gewissen Zeitraum. (V1 Transkript, Abs. 354)</p> <p>V: Also, das sollte jetzt richtig abgehen, hoffe ich. (..) (V1 Transkript, Abs. 479)</p> <p>V: <i>Ob das klappt, weiß ich ehrlich gesagt gar nicht so genau, weil habe ich noch nicht so darauf geachtet.</i> (V3 Transkript, Abs. 252)</p>	
P10	<u>überprüft</u> Eignung des Experiments	<ul style="list-style-type: none"> - nennt Aspekte der Eignung bzw. nicht Eignung des Experiments zur Beantwortung der Frage bzw. Überprüfung der <u>Hypothese</u> - expliziert, dass das Experiment (nicht) geeignet ist, um eine genannte Frage zu beantworten bzw. <u>Hypothese</u> zu überprüfen 	<p>V: [...] <i>na ich kann ja gar nicht sagen, ob das jetzt wirklich Gärung ist [...]</i> (V1 Transkript, Abs. 355)</p> <p>V: [...] <i>also ich habe mich jetzt so ein bisschen auf dieses Gärungssacharometer eingeschossen und damit kann ich das nicht überprüfen [...]</i> (V1 Transkript, Abs. 746)</p>	Eignung in Bezug auf die Beantwortung der Frage (z. B. kann mit dem geplanten Experiment die Frage beantwortet werden?) und/oder die Falsifizierung bzw. Verifizierung Hypothese (z. B. kann mit dem geplanten Experiment die Hypothese falsifiziert bzw. verifiziert werden?).
P11	<u>überprüft</u> Vollständigkeit des Experimententwurfs	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt den Abgleich von Aufbau mit dem Protokoll - zählt Materialien durch - expliziert, dass das Experiment (nicht) vollständig ist - nennt Fragen bzgl. der Vollständigkeit des Experiments 	<p>V: ((liest)) (unv.) <i>Glykolyse, Wasser, Hefe. Würde ich sagen, klingt ganz gut. Brauche ich nicht (..)/ nichts mehr.</i> (V1 Transkript, Abs. 403-405)</p>	
P07c_X	//plant Aspekte der Auswertung	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt, was, wann, wie und/oder womit etwas ausgewertet (oder nicht 	<p>V: <i>Ich werde jetzt trotzdem die Sekunden im Weiteren protokollieren.</i> (V1 Transkript, Abs. 914)</p>	Sas, wann, wie und/oder womit: - Auswertungsmethode(n)/-verfahren,

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		ausgewertet) werden soll - sagt, dass sie/er (k)eine Auswertung plant	V: <i>Das könnte ich jetzt noch auftragen, dann würde man das (.) noch genauer sehen, aber ich habe es ja schon ausgerechnet, also. (..)</i> (V1 Transkript, Abs. 1125)	- Daten, Einheiten, Intervalle,..., - Zeitpunkt(e), - ...
	/nennt Rolle des Kontrollansatzes			
D00	(D) Durchführung	- explizite Äußerungen zur Phase Durchführung (auf Metaebene)		
DS01	Die Durchführung des Experiments vorbereiten	notwendige Voraussetzungen für die Durchführung schaffen		
D03_u	/stellt Geräte/Materialien <u>zusammen</u>	- expliziert, dass sie/er Geräte/Materialien zusammenstellt - beschreibt das Zusammenstellen von Geräten/Materialien	V: <i>Oh, dann nehme ich doch gleich hier dieses tolle (..) ((liest)) Gärungssaccharometer (..) und gucke, was passiert.</i> (V1 Transkript, Abs. 205) V: <i>So, (..) ein Reagenzglas, nehmen wir mal den Halter vor.</i> (V1 Transkript, Abs. 213) Hypothetisch V: <i>Dann stelle ich mir hier mal alles, was ich brauche zusammen.</i> Hypothetisch V: <i>Ich stelle mir hier schon mal alles hin, was ich für mein tolles Experiment brauche. Hefe, Wasser, Gärungssaccharometer (...).</i>	Ohne die Geräte/Materialien auf bestimmte Art und Weise anzuordnen.
D06_u	/fertigt <u>Veruchsansatz an</u>	- beschreibt die Herstellung eines <u>Veruchsansatzes</u> - nennt Stoffe, die sie/er dem <u>Veruchsansatz</u> <u>zufügt</u>		
D06a_x	//fertigt <u>Stammlösung an</u>	- beschreibt die Herstellung der <u>Stammlösung</u> - nennt Stoffe, die sie/er der <u>Stammlösung</u> <u>zufügt</u> - expliziert, dass sie/er die <u>Stammlösung</u> <u>anfertigt</u>	V: <i>So (..), (dann brauche ich jetzt noch?) 80 Gramm.</i> (V3 Transkript, Abs. 85) V: <i>Also, jetzt versuche ich mal hier das Mehl in zweimal 250 Gramm (.) umzufüllen.</i> (V3 Transkript, Abs. 94) V: <i>Naja, ich habe jetzt 4,42 Gramm (...) und es löst sich auch langsam, die Hefe (...) und jetzt schütte ich mal (.) den Traubenzucker dazu.</i> (V1 Transkript, Abs. 281) V: <i>Ich tue die in (..)/ nehme hier so ein bisschen was ab, sagen wir mal,</i>	Die Stammlösung kann bereits die Einflussgröße enthalten.

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<i>sieben Milliliter, nein lieber acht (..) und mische dann da das Zuckerzeug rein. (V1 Transkript, Abs. 649)</i>	
D06b_X	// <u>bereitet Einflussgröße vor</u>	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt die Vorbereitung der <u>Einflussgröße</u> - nennt Einflussgröße, die sie/er der <u>Stammlösung</u> zufügt - expliziert, dass sie/er die <u>Einflussgröße</u> vorbereitet 	<p><i>V: 1,12 Gramm. (V1 Transkript, Abs. 255)</i></p> <p><i>V: Also, fast bei zehn; ich bin jetzt bei 9,5. (V1 Transkript, Abs. 676)</i></p> <p><i>V: So, 9,99, das kann so bleiben. (V1 Transkript, Abs. 678)</i></p>	<p>Die Stammlösung muss noch nicht vollständig sein.</p> <p>Vorbereiten beinhaltet z. B. Verpackung öffnen, abschneiden, abwiegen, zerkleinern, ...</p>
D04_u	/baut <u>Versuchsanordnung</u> auf/ab	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt das auf bestimmte Art und Weise Anordnen oder Wegräumen von Geräten/Materialien - beschreibt das Beschriften der Geräte/Materialien - beschreibt das Ein- oder Abfüllen von fertigen Versuchsanordnungen - expliziert, dass er eine Versuchsanordnung auf-/abbaut 	<p><i>V: So, jetzt sind es zehn Milliliter und jetzt probiere ich mal, ob das so (..) funktioniert, wie es da bis Schritt drei, oder so, steht. (..) Dann muss das hier rein. (V1 Transkript, Abs. 86-87)</i></p> <p><i>V: Man könnte jetzt zum Beispiel/ (...) fällt mir jetzt mal ein/ Ich würde jetzt mal von jedem eine Probe entnehmen (..) und versuchen, die so ein bisschen Sauerstoff(..)frei (..) also bisschen noch von Sauerstoff befreien, indem ich das versuche so ein bisschen (..) luftdicht abzu(.)dingsen. (...) (V3 Transkript, Abs. 222)</i></p> <p><i>V: [...] sonst beschrifte ich mir auch gleich das Becherglas. (...) (V1 Transkript, Abs. 714)</i></p> <p><i>V: Also, ich mach mal nur so, dass die Kugel voll ist. (V1 Transkript, Abs. 306)</i></p>	<p>Inkludiert das Abfüllen von fertigen Versuchsanordnungen.</p>
D07_u]	/nutzt [technisches] Gerät und/oder Apparatur	<ul style="list-style-type: none"> - benutzt Geräte/Apparaturen für die Vorbereitung des Experiments - beschreibt die Benutzung von Geräte/Apparaturen zur Vorbereitung des Experiments - Schaltet Geräte/Apparaturen zur Vorbereitung des Experiments ein/aus - liest Messwerte der Apparaturen/Geräte zur Vorbereitung des Experiments ab 	<p><i>V: Na, dann starte ich hier mal schnell die Stoppuhr. (Hypothetisch)</i></p> <p><i>V: So, den Wasserkocher noch anschalten (..) (Hypothetisch)</i></p>	<p>Wichtig ist hier der Aspekt der Vorbereitung des Experiments. Werden Messwerte zur Generierung von Daten abgelesen, D10 (führt Messung durch) kodieren. Es kann sich z. B. um die folgenden Geräte/Apparaturen handeln: Waage, Heizplatte, Wasserkocher, Taschenrechner.</p>

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
DS02	<u>Daten generieren</u>	das betrachtete System beeinflussen		
D08_u	/variiert die Einflussgröße	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt, dass/wie sie/er eine Einflussgröße ändert - benennt veränderte Einflussgröße - expliziert, welche Einflussgröße sie/er ändert 	<p>V: Man könnte jetzt zum Beispiel/ (...) fällt mir jetzt mal ein/ Ich würde jetzt mal von jedem eine Probe entnehmen (..) und versuchen, die so ein bisschen Sauerstoff(..)frei (..) also bisschen noch von Sauerstoff befreien, indem ich das versuche so ein bisschen (..) luftdicht abzu(.)dingen. (...) (V3 Transkript, Abs. 221)</p> <p>V: aber ich mache jetzt eine neue Suspension mit mehr (.) Frischhefe (...). (V1 Transkript, Abs. 421)</p> <p>Hypothetisch V: Ich tue in diesen ersten Ansatz jetzt Glucose, in den zweiten hier fülle ich Fructose und in den dritten Saccharose.</p> <p>Hypothetisch V: In diesen Ansatz kommt das Doppelte an Zucker [unabhängige Variable] rein.</p> <p>Hypothetisch V: So, diesen Ansatz mache ich jetzt bei 60°.</p>	<p>Ggf. Videoabgleich (werden Stoffe und/oder Versuchsbedingungen geändert?). Nur kodieren, falls sich zugefügte Stoffe oder die Versuchsbedingungen im Vergleich zu vorherigen Versuchsansätzen unterscheiden, sonst D06 „fertigt Versuchsansatz an“ kodieren.</p>
D10	/führt Messung durch	<ul style="list-style-type: none"> - liest einen Messwert ab - beschreibt Benutzung eines Messgerätes - beschreibt das Ablesen eines Messwertes - sagt, dass sie/er eine Messung durchführt bzw. einen Messwert abliest 	<p>V: So, jetzt sind es zehn Milliliter und jetzt probiere ich mal, ob das so (..) funktioniert, wie es da bis Schritt drei, oder so, steht. (.) (V1 Transkript, Abs. 86)</p> <p>V: aber ich habe ja hier schon drei Minuten und (...) (V1 Transkript, Abs. 377)</p> <p>V: Also ein Strich sind immer 0,2 Milliliter. Eins plus 0,2, plus 0,2, 0,6 (...). Also irgendwie so 0,4 bis 0,6, oder ungefähr 0,5 (.) Milliliter CO2 entstanden. (.) (V1 Transkript, Abs. 738-739)</p> <p>V: Ja (...). Und hier sind auch schon fast fünf Minuten um [...] (V1 Transkript, Abs. 754)</p>	<p>Nur im Zusammenhang mit der Reaktion des Experiments (Erfassung der abhängigen Variable und Zeitfassung).</p> <p>Als <u>Messwerte</u> zählen hierbei:</p> <ul style="list-style-type: none"> - von Messgeräten (z. B. Uhr, Waage) abgelesene Werte (z. B. Uhrzeit, Gewicht) oder - von einer Skala abgelesene Werte (z. B. Gasmenge, pH-Wert aus Farbtabelle).
D13_X	/beobachtet Versuchsansatz	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt, ob und/oder welche visuellen Zustände oder Veränderung des Versuchsansatzes sie/er wahrnimmt 	<p>V: Jetzt entsteht so (.) ähm (.) Butterstreusel (..) Butterstreusel-ähnliche Substanz. (V3 Transkript, Abs. 159)</p> <p>V: Ja, man merkt schon, es entsteht so'n leicht ein Knetteil.</p>	<p>Temperatur- und Geruchsbeschreibungen sowie Konsistenzen etc. werden hier inkludiert.</p>

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		- expliziert, dass sie/er des Versuchsansatz beobachtet	<p>(V3 Transkript, Abs. 165)</p> <p>V: <i>Ok, ich gucke einfach nur, ob man schon irgendwas sieht, so nach einer Minute. (.) Irgendwie Gasbläschen oder irgendwas, aber man/ ich sehe jetzt nichts. (.)</i> (V1 Transkript, Abs. 349-350)</p> <p>V: <i>In den Gärröhrchen ist auch schon nach (..) zehn Minuten bei der Trockenhefe Gasbildung am oberen Ende der Röhrchen sichtbar, außer bei der Stevia und bei der Frischhefe nach sechs Minuten (unv.) Gas (unv.)</i> (V7 Transkript, Abs. 117)</p>	<p>Nur im Zusammenhang mit der Reaktion des Experiments (beispielsweise abhängige Variable).</p> <p>Allgemeine Beobachtungen werden unter D13 (beschreibt Beobachtung) kodiert.</p>
D07[_u]	/nutzt [technisches] Gerät und/oder Apparatur	- liest Messwerte der Apparaturen/Geräte für die Generierung von Daten ab	<p>- <i>betätigt Tasten und/oder Schalter (Bestandteile) von [technischen] Geräten /Materialien</i></p> <p>- <i>stellt [technische] Geräte/Materialien an/aus</i></p>	<p>Wichtig ist hier der Aspekt der Vorbereitung des Experiments. Werden Messwerte zur Generierung von Daten abgelesen, D10 (führt Messung durch) kodieren. Es kann sich z. B. um die folgenden Geräte/Apparaturen handeln: Waage, Heizplatte, Wasserkocher, Taschenrechner.</p>
DS04	Daten sammeln	Daten ermitteln und/oder protokollieren		
D10b	/dokumentiert <u>Messung</u>	<p>- expliziert, dass er <u>Daten</u> oder <u>Messprozedur</u> notiert/protokolliert/dokumentiert</p> <p>- spricht die im selben Moment schriftlich dokumentierte Vorgehensweise beim <u>Messen</u> laut aus</p> <p>- spricht die im selben Moment notierten <u>Daten</u> laut aus</p>	<p>V: <i>Jetzt, (.) nach 58,3, ((schreibt)) (..) 50 und 30 Sekunden, 2,2 Milliliter.</i> (V1 Transkript, Abs. 978)</p> <p>V: <i>Jetzt. (.) Eins Komma, also eine Stunde und eine Minute. ((schreibt))</i> (V1 Transkript, Abs. 1004)</p> <p>V: <i>Also, (unv.) 4,5, also ((schreibt)) (..) 4,5 Milliliter.</i> (V1 Transkript, Abs. 1012)</p> <p>V: <i>Also, ich schreib/ (.) ich schreibe jetzt hier mal doch die fünf, also so, wie ich es abgelesen habe. (.)</i> (V1 Transkript, Abs. 1021)</p>	<p>Ggf. D10 (führt Messung durch) parallel kodieren, falls im gleichen Absatz das Ablesen stattfindet.</p>
D13_u	/dokumentiert <u>Beobachtung</u>	<p>- expliziert, dass er <u>Daten</u> der <u>Beobachtung</u> notiert</p> <p>- spricht die im selben Moment schriftlich dokumentierten</p>	<p>V: <i>Ich, (.) ich sch/notiere mir das mal.</i> (V1 Transkript, Abs. 934)</p> <p>V: <i>((schreibt)) viele Blasen. (.)</i> (V1 Transkript, Abs. 933)</p>	<p>Im Gegensatz zu D10b (dokumentiert Messungen), werden hier visuellen Zustände oder Veränderung der</p>

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		<u>Daten der Beobachtung</u> laut aus	V: ((schreibt)) <i>Weniger Blasen. (..)</i> (V1 Transkript, Abs. 937) V: <i>Und ich schreibe mal weiter, es sind weniger Blasen. ((schreibt))</i> (V1 Transkript, Abs. 950)	abhängigen Variable dokumentiert.
D15	/hält <u>Ergebnis</u> fest	- sagt, dass er <u>Ergebnisse</u> notiert - spricht das im selben Moment schriftlich dokumentierte Ergebnis beim Messen laut aus	kein Beispiel	Im Gegensatz zu D10b (dokumentiert Messungen) , werden hier Ergebnisse dokumentiert, welche „durch Rechnung, Messung, Auszählung o.Ä. ermittelt“ wurden .
A00	Auswertung (A)	- explizite Äußerungen zur Phase Planung (auf Metaebene)		
AS01	<u>Daten analysieren</u>	die Daten auf einzelne Merkmale hin untersuchen		
A02	/verarbeitet <u>Rohdaten</u>	- verwendet Rohdaten als "Ausgangsstoff" - bereitet Rohdaten auf		Ggf. parallel hierzu kodieren: - zieht Informationsquelle heran, - zieht Vorwissen heran oder - zieht Experimentergebnis heran, falls die Rohdaten damit in Beziehung gesetzt werden.
A01_u	//organisiert <u>Rohdaten</u>	- expliziert, dass sie/er die Rohdaten arrangiert - expliziert, dass sie/er die Rohdaten sortiert - expliziert, dass sie/er die Rohdaten systematisiert - expliziert, dass sie/er Rohdaten einheitlich gestaltet	V: <i>Das habe ich jetzt etwas chaotisch notiert, ich sortiere das erst mal schnell.</i> (Hypothetisch) V: <i>Hier muss ich erst mal die Reihenfolge ändern.</i> (Hypothetisch)	
A05_u	//bringt <u>Rohdaten</u> in eine Standardform	- beschreibt, dass/wie sie/er <u>Rohdaten</u> in eine Standardform bringt - beschreibt dass/wie sie/er <u>Rohdaten</u> in einen Standardwert umrechnet - beschreibt	V: <i>Also hier, das muss man natürlich noch bereinigen, um/ (..)</i> (V1 Transkript, Abs. 1052) V: <i>Ich muss das hier erst mal bereinigen, (...) hier um diese eine Blase, die ich hatte. Da hatte ich ja gesagt irgendwie 0,1 (.) Milliliter ist das vielleicht (...) und hier habe ich die Werte, wie ich sie abgelesen habe</i>	Ggf. mit Protokoll abgleichen. Mögliche Standardformen sind einheitliche Einheiten (Minuten, Zentimeter, ...) oder Reaktionsgleichungen.

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		dass/wie sie/er <u>Rohdaten</u> bereinigt	und jetzt muss ich immer das subtrahieren . Also, dann waren das hier 4,4 eigentlich , (.) da waren es eigentlich 4,7 und da unten waren es 4,9 . (...) (V1 Transkript, Abs. 1057 - 1059)	
A03	/erstellt Tabelle	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt das Erstellen einer Tabelle aus <u>Daten</u> - nennt Bestandteile einer Tabelle aus <u>Daten</u> [während der Erstellung] - expliziert, dass sie/er eine Tabelle erstellt/erstellen wird 	<p>V: Also, da schreibe ich jetzt/ da mache ich jetzt mal eine Tabelle und gucke, (.) wie jetzt das weitergeht. (V1 Transkript, Abs. 814)</p> <p>V: Also, das ist Ansatz eins. (V1 Transkript, Abs. 817)</p> <p>V: Und da hatte ich/ hier mache mal die Zeit und hier die (.) CO2, also Milliliter, (.) verdrängt. (V1 Transkript, Abs. 819)</p> <p>V: Und ich habe ja irgendwie erst nach einer halben Stunde/ Ich glaube, ich schätze jetzt einfach nur mal so, (.) 30 Minuten hatte ich ja noch (unv.) 0,5 oder sowas. (...) (V1 Transkript, Abs. 824)</p> <p>V: Ja und dann habe ich nochmal geguckt, aber da weiß ich jetzt echt halt die Zeit nicht mehr, wo es dann schon 0,8 war. (V1 Transkript, Abs. 827)</p> <p>V: 0,8 Milliliter, aber ich weiß jetzt echt die Zeit nicht mehr. (...) (V1 Transkript, Abs. 831)</p> <p>V: Keine Ahnung, ich schreibe mal 35 Minuten so, (.) in Klammern. (...) (V1 Transkript, Abs. 832)</p> <p>V: Also ich markiere mal, wo ich angefangen habe, richtig zu messen, (V1 Transkript, Abs. 889)</p>	Ggf. mit Protokoll abgleichen.
A06	/stellt <u>Daten</u> graphisch dar	<ul style="list-style-type: none"> - expliziert, dass/wie sie/er <u>Daten</u> graphisch darstellt/darstellen wird - beschreibt die graphische Darstellung von <u>Daten</u> - nennt Bestandteile eines Graphen 	<p>V: Vielleicht haben die zuerst (..)/ machen die ganz, ganz viel Stoffwechsel/ ich male das mal, so (...)/ wenn sie praktisch aufwachen (...) und in Gang kommen und dann, wenn sie quasi so startklar und betriebsbereit sind, (.) dann brauchen die nicht mehr so viel. (...) (V1 Transkript, Abs. 957)</p> <p>V: Also, wir müssen eigentlich auftragen die Zeit. Also so, wie ich mir das hier gedacht habe, die Zeit über</p>	Ggf. mit Protokoll abgleichen.

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			die (.) Milliliter CO₂. (...) (V1 Transkript, Abs. 1089 - 1090)	
A04_u	/führt <u>Berechnung</u> durch	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt Berechnung mit <u>Daten</u> - expliziert, dass/wie sie/er eine Berechnung mit <u>Daten</u> durchführt - nennt numerische Werte ihrer/seiner Berechnung mit <u>Daten</u> 	<p>V: Also, (.) ich habe hier immer 0,2 Milliliter mehr (.) nach drei Minuten. (...) (V1 Transkript, Abs. 888)</p> <p>V: So, (..) na ok und die Zeitabstände waren (...) zwischen den einzelnen Sachen/ (.) oder bzw. ich schreibe nochmal ordentlich auf, also 30 Sek/Minuten waren es hier, 33 Minuten, (..) das ist so ungefähr, 35 Minuten (.) und da ging es / die Differenz (..) war dann hier 0,3 Milliliter (..) in drei Minuten (.) und hier 0,2. (...) (V1 Transkript, Abs. 1060)</p> <p>V: Eine Minute entspricht 0,1 Milliliter CO₂. (...) (V1 Transkript, Abs. 1068)</p> <p>V: Ich rechne hier mal schnell die Zeitunterschiede aus. (.) (V1 Transkript, Abs. 1094)</p> <p>V: Also, hier sind es drei Minuten, (.) ungefähr (...). Hier ist der Unterschied auch drei Minuten (...). (V1 Transkript, Abs. 1097 - 1098)</p>	Ggf. mit Protokoll abgleichen.
AS02	<u>Daten interpretieren</u>	die Daten inhaltlich deuten, erklären, auslegen		
A09_u	/berücksichtigt <u>Daten</u>	<ul style="list-style-type: none"> - nennt die <u>Daten</u> erneut im Zusammenhang der Interpretation (Deutung von Graphen, Schlussfolgerung bzw. Beziehung zw. Variablen) - begründet Interpretation mit <u>Daten</u> - zieht <u>Daten</u> für die Interpretation heran 	<p>V: Weil offensichtlich gibt es wirklich eine lange Periode, wo erst mal gar nichts passiert, (...) dann geht es auf einmal los und ich habe jetzt den Eindruck, an Hand dieser paar Stichpro/Stichprobenwerte, dass hier auch schneller ging bei Ansatz 2. (...) (V1 Transkript, Abs. 1050)</p> <p>V: Weil, ich meine, es muss, es muss ja mehr gemacht werden, weil nach einer halben Stunde (..) waren hier (..) 4,5 (.) Milliliter und bei dem anderen waren es 0,5. (...) (V1 Transkript, Abs. 1051)</p> <p>V: Oh, also hier sieht es so aus, als ob, (.) bei Ansatz 2 (.) immer in einer Minute 0,1 Milliliter CO₂ entsteht. (V1 Transkript, Abs.1067)</p> <p>V: So, (..) na da war nach 43 Minuten ein Milliliter. (V1 Transkript, Abs. 1084)</p>	<p>Parallel kodieren, falls dabei die Daten berücksichtigt bzw. herangezogen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A10b (deutet Graphen), - A13 (zieht Schlussfolgerung), - A14 (erklärt Beziehung zwischen Variablen).

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<p>V: Also, die Abstände, die sind ja klar, bei den Millilitern, die sind ja immer 0,2, das habe ich ja extra so gemacht. (...) (V1 Transkript, Abs. 1088)</p>	
A13_u	/zieht <u>Schlussfolgerung</u>	<p>- nennt einen Schluss bzw. eine Folgerung, die aus den Daten oder Ergebnissen gezogen wurde - formuliert eine Aussage, die zuvor oder danach mit Argumenten aus <u>Daten</u> oder <u>Ergebnissen</u> begründet wurde/wird</p>	<p>V: Also im Moment, also die Abstände sind, sind gerade gleich. (V1 Transkript, Abs. 887)</p> <p>V: Vielleicht haben die zuerst (..)/machen die ganz, ganz viel Stoffwechsel/ ich male das mal, so (..)/wenn sie praktisch aufwachen (..) und in Gang kommen und dann, wenn sie quasi so startklar und betriebsbereit sind, (.) dann brauchen die nicht mehr so viel. (.) (V1 Transkript, Abs. 957)</p> <p>V: Ja, was jetzt hier schade ist, ich habe halt nicht beobachtet, wann es richtig losging, sonst würde ich jetzt sagen, auf Grund des anderen Ansatzes, das halt schon (..) dieser ganze Teil der Glykolyse, der so vorne abläuft 30 Minuten dauert, offensichtlich. (...) (V1 Transkript, Abs. 1044)</p> <p>V: Weil offensichtlich gibt es wirklich eine lange Periode, wo erst mal gar nichts passiert, (...) dann geht es auf einmal los und ich habe jetzt den Eindruck, an Hand dieser paar Stichpro/Stichprobenwerte, dass hier auch schneller ging bei Ansatz 2. (..) Weil, ich meine, es muss, es muss ja mehr gemacht werden, weil nach einer halben Stunde (..) waren hier (..) 4,5 (.) Milliliter und bei dem anderen waren es 0,5. (.) (V1 Transkript, Abs. 1050 - 1051)</p> <p>V: Oh, also hier sieht es so aus, als ob, (.) bei Ansatz 2 (.) immer in einer Minute 0,1 Milliliter CO2 entsteht. (V1 Transkript, Abs.1067)</p> <p>V: Ja, und dann habe ich herausgefunden, (.) dass diese Gärung/ (.) ja, also, gut, das steht hier auch, aber ich habe herausgefunden, dass es erst mal so eine ganze Zeit lang gibt, wo eigentlich überhaupt nichts CO2-mäßiges passiert. (.) (V1 Transkript, Abs. 1137)</p>	<p>ggf. parallel kodieren: - A9_u (berücksichtigt Daten), wenn mit den Daten argumentiert wird, - A10b (deutet Graphen), wenn die Schlussfolgerung aus einem Graphen gezogen wird, - A14 (erklärt Beziehung zwischen Variablen), falls eine Beziehung aus dem Experiment geschlussfolgert wird, - A21 (widerlegt/falsifiziert Hypothese) bzw. A22 (unterstützt/verifiziert Hypothese), falls die (Un-) Gültigkeit einer Hypothese geschlussfolgert wird.</p>

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<i>V: Ja, wahrscheinlich ist es nur günstiger im Kühlschrank, dass sie sich länger hält, aber nicht äh, dass die Reaktion schneller abläuft. (V3 Transkript, Abs. 343 - 343)</i>	
A10b	//deutet Graphen	<ul style="list-style-type: none"> - nennt mögliche Interpretation/Erklärung/Auslegung für den Verlauf eines Graphen - zieht eine Schlussfolgerung aus einem Graphen - nennt Bestandteile eines Graphen beim Ziehen einer Schlussfolgerung 	<i>V: Weil offensichtlich gibt es wirklich eine lange Periode, wo erst mal gar nichts passiert, (...) dann geht es auf einmal los [...]. (V1 Transkript, Abs. 1050)</i>	Ggf. A09 (berücksichtigt die Rohdaten) parallel kodieren.
A14	//erklärt Beziehung zwischen Variablen	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt, inwiefern <u>Variablen</u> zusammenhängen - beschreibt die Wirkungsrichtung von Variablen - beschreibt qualitativen/quantitativen Zusammenhang bzw. Beziehung von Variablen 	<p><i>V: Wenn natürlich nichts passiert, (.) können wir/ also nichts Sichtbares, also dass wir jetzt nicht sehen, dass irgendwas passiert ist (.) äh, (...) dann haben wir ja trotzdem äh ein Teilerfolg, dass wir wissen, dass, äh, Trockenhefe mehr Wasser braucht (..) als Nasshefe. (V3 Transkript, Abs. 267 - 267)</i></p> <p><i>V: Also, man kann jetzt nicht so einen Unterschied zwischen extremer Kälte und, ich sage mal, Zimmertemperatur erkennen. (.) (V3 Transkript, Abs. 342 - 342)</i></p>	Ggf. parallel hierzu kodieren: - A13_u (zieht Schlussfolgerung) , falls Beziehung aus dem Experiment geschlussfolgert wird oder - A9 (berücksichtigt die Rohdaten) , wenn aus den Rohdaten geschlussfolgert wird.
AS03	Das Experiment evaluieren	das Experiment auf einer Metaebene bewerten		
AS03a_X	/evaluiert <u>Ergebnis</u>			
A16a	//reflektiert <u>Ergebnis</u>	<ul style="list-style-type: none"> - spricht über die Bedeutung eines <u>Ergebnisses</u> - formuliert Fragen bezüglich der Bedeutung eines <u>Ergebnisses</u> - hinterfragt ein <u>Ergebnis</u> 	<p><i>V: Und ich frage mich jetzt so ein bisschen, woran das liegt, dass es jetzt auf einmal so abgeht. (V1 Transkript, Abs. 864)</i></p> <p><i>V: Eineinhalb Minuten? [...] (V1 Transkript, Abs. 1110)</i></p> <p><i>V: Stimmt das? (.) (V1 Transkript, Abs. 1112)</i></p>	
A17a	//überprüft <u>Ergebnis</u>	<ul style="list-style-type: none"> - schätzt die Fehlerhaftigkeit oder die Richtigkeit eines <u>Ergebnisses</u> ein - berechnet ein <u>Ergebnis</u> erneut 	<p><i>V: Obwohl das gar nicht/ Jetzt muss ich mal überlegen, zwei Minuten 15 ist das. (V1 Transkript, Abs. 1103)</i></p> <p><i>V: Ja, das sind dann eine Minute 30, das (unv). (...) (V1 Transkript, Abs. 1113)</i></p>	Ggf. G01a, D14a/ G01b, D14b (geht mit Fehler/Problem um) , falls hierbei vermeidbare Fehler genannt werden.

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
A15_u	//findet Ursache für <u>Ergebnis</u>	<ul style="list-style-type: none"> - nennt potentielle Ursache für ein <u>Ergebnis</u> - begründet ein <u>Ergebnis</u> - benennt Aspekt, der nicht die Ursache eines <u>Ergebnisses</u> ist 	<p>V: Aber ein Gramm Hefe war vielleicht zu wenig. (..) (V1 Transkript, Abs. 407)</p> <p>V: Vielleicht braucht die Hefe einfach (.) lange. (V1 Transkript, Abs. 789)</p> <p>V: also es könnte ja auch sein, dass die Hefekonzentration vielleicht zu stark war, oder jetzt ist die ganze Hefe da unten. (..) (V1 Transkript, Abs. 838)</p> <p>V: Achja, genau, da hatte ich mir vorhin überlegt, es könnte ja vielleicht daran liegen, dass dadurch, dass jetzt viel Hefe abgesunken ist und vielleicht gar nicht mehr so richtig beiträgt, die Konzentration hier niedriger war von Hefe und es deshalb besser (.) aus irgendeinem Grund, weil die keine Konkurrenz mehr haben oder so, besser funktioniert. (..) (V1 Transkript, Abs. 865)</p>	Ggf. parallel kodieren: G01a, D14a/ G01b, D14b (geht mit Fehler/Problem um) , falls mit vermeidbaren Fehlern begründet wird oder A19 (bestimmt Genauigkeit der Daten) , falls mit Ungenauigkeit der Messung/Beobachtung begründet wird.
A18a	//beurteilt <u>Ergebnis</u>	<ul style="list-style-type: none"> - bewertet den Wert, die Qualität und/oder die Wichtigkeit der Ergebnisse 	<p>V: Ja, das ist einfach in einer halben Stunde, also damit kann ich nichts anfangen; da kann ich jetzt nichts vergleichen, oder so was. (V1 Transkript, Abs. 737)</p> <p>V: Aber herausgefunden habe ich dadurch eigentlich noch nichts (..). (V1 Transkript, Abs. 777)</p> <p>V: Das ergibt eigentlich nicht so richtig Sinn. (V1 Transkript, Abs. 1061)</p> <p>V: Ja, also das ist quasi nicht interpretierbar, in der Hinsicht ob es gerade schnell/ also ob, (..) ob es gerade schneller wird, oder gleich bleibt, also konstant ist. (.) (V1 Transkript, Abs. 1117)</p>	
AS03b_X	/evaluiert Lösung			
A16b	//reflektiert <u>Lösung</u>	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt eigene Vorgehensweise (=Lösung) rückblickend - formuliert Fragen bezüglich der Vorgehensweise (=Lösung) 	<p>V: Woran könnte es noch liegen? Ja klar, zu wenig Zucker, zu viel Zucker oder zu viel Hefe, zu wenig Hefe. (..) (V1 Transkript, Abs. 404 - 405)</p> <p>V: Wie hatte ich das denn abgemessen? Achja, ich hatte (unv) das war es.</p>	

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		- hinterfragt die Vorgehensweise (=Lösung)	<p>(V1 Transkript, Abs. 422 - 423)</p> <p>V: <i>Ich hatte jetzt hier ((erster Ansatz)), glaube ich, wieviel drin gehabt, sechs oder so?</i> (V1 Transkript, Abs. 429)</p> <p>V: <i>Ich überlege gerade, was habe ich hier eigentlich für Wasser genommen? (...)</i> (V1 Transkript, Abs. 524)</p>	
A17b	//überprüft Lösung	- schätzt die Fehlerhaftigkeit oder die Richtigkeit der Vorgehensweise (=Lösung) ein	<p>V: <i>Was da genau drin ist, wir haben ja jetzt hier nur Mehl und Wasser und Hefe und nicht jetzt noch Eier und so, inwiefern, die eine Rolle spielen, kann ich jetzt aus dem Stehgreif nicht sagen. (..)</i> (V3 Transkript, Abs. 270 - 270)</p> <p>V: <i>Ich würde mal sagen, zu wenig Zucker war es bestimmt nicht, das war ja (...), das waren ja fünf Gramm auf zehn Milliliter oder acht Milliliter, was ich da hatte, das klingt schon ganz gut. (...)</i> (V1 Transkript, Abs. 406)</p> <p>V: <i>Ich gucke mal auf das Haltbarkeitsdatum, welche ich jetzt genommen habe. [...] Habe ich, habe ich die alte genommen? Nein, ich glaube, ich habe doch die frische genommen. (...)</i> (V1 Transkript, Abs. 790 - 795)</p>	Ggf. parallel kodieren: G01a, D14a/ G01b, D14b (geht mit Fehler/Problem um) , falls hierbei vermeidbare Fehler genannt werden.
A18b	//beurteilt Lösung	<p>- bewertet den Wert, die Qualität und/oder die Wichtigkeit der Vorgehensweise (=Lösung)</p> <p>- bewertet Vorgehensweise (=Lösung) in Bezug auf ihre Eignung</p>	<p>V: <i>Ich würde mal sagen, zu wenig Zucker war es bestimmt nicht, das war ja (...), das waren ja fünf Gramm auf zehn Milliliter oder acht Milliliter, was ich da hatte, das klingt schon ganz gut. (...)</i> (V1 Transkript, Abs. 406)</p> <p>V: <i>Ahja, das hat jetzt ganz gut geklappt [...]</i> (V1 Transkript, Abs. 462)</p> <p>V: <i>Also, liege ich anscheinend nicht völlig daneben. Nur, dass das halt noch nicht die perfekten Parameter sind.</i> (V1 Transkript, Abs. 564 - 565)</p> <p>V: <i>Also das war jetzt doch nicht das Problem.</i> (V1 Transkript, Abs. 800)</p> <p>V: <i>Aber natürlich ist es nicht ganz</i></p>	

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<p>sauber, wenn ich jetzt hier dran rumwackele und so, da steigen manchmal mehr Blasen auf (unv.) aber, naja. (V1 Transkript, Abs. 876)</p>	
A18c	//findet alternative <u>Lösung</u>	<p>- beschreibt eine alternative Lösung - sagt, dass es alternative Lösung gibt</p>	<p>V: Vielleicht müsste man das einfach mal nach den 15 Minuten machen, wenn man Reag/ na so die kleinen Schälchen hier bei 1 und 2 mal aufmacht, (.) vielleicht ist es da ein bisschen höher. (V3 Transkript, Abs. 282 - 282)</p> <p>V: Ach, ich hätte das auch mal ohne Zucker reingießen können, aber ich weiß ja, dass dann/ also ohne Zucker passiert keine Gärung. (...) (V1 Transkript, Abs.1130)</p> <p>V: Und das hätte ich als Vergleich das noch machen können, dann hätte ich es genau wie in dem Film gehabt: Hier ein Mal mit Schaum und ein Mal ohne. (...) (V1 Transkript, Abs. 1131)</p>	
A19	/bestimmt Genauigkeit der <u>Daten</u>	<p>- beschreibt die Präzision bzw. Ungenauigkeit der <u>Daten</u> im Zusammenhang mit der Interpretation - benennt Genauigkeit/Ungenauigkeit/Präzision der <u>Daten</u> - benennt Problem im Zusammenhang mit der Genauigkeit/Ungenauigkeit/Präzision der <u>Daten</u></p>	<p>V: Das ist jetzt ein bisschen geraten. (.) (unv.) (V1 Transkript, Abs. 833)</p> <p>V: Ja, also das Problem ist, die oberen Werte sind ja / (...) da hatte ich die Sekundenzahlen noch nicht, die kann ich schon mal gleich einklammern, weiß ich einfach nicht, ob es wirklich drei Minuten sind, oder auch nur zwei Minuten 30. (V1 Transkript, Abs. 1114)</p>	
A20a_u	/benennt Einschränkung [die dem Experiment unterliegt]	<p>- nennt Bedingung bei der <u>Daten</u> und/oder <u>Ergebnisse</u>, die aus dem Experiment resultieren, gültig oder ungültig sind</p>	<p>V: Weil ich ja nicht eine/ irgendwie/ also nicht eine gleiche Menge genau auf die, auf die Grammmzahl genommen habe, hier was ich äh abgef/ also abgefüllt habe/ oder abgenommen habe, hier von, von den Gläsern, (...) kann es natürlich sein, dass d/ dass, kann man natürlich nicht so genau sagen, wenn es/ ob das eine jetzt größer oder mehr geworden ist, bei der wenn es, äh sich entwickelt hat, die äh Hefe, oder ob nicht. (...) (V3 Transkript, Abs. 263 - 263)</p>	

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<p>V: Das ist jetzt natürlich nicht besonders reproduzierbar (..), aber (.)/ (V1 Transkript, Abs. 702)</p> <p>V: Es kann also sein, (...) dass mir einfach nur ein gewisser, ja, ja mir geht halt einfach ein gewisser Teil des Gases verloren, nämlich alles, was von, was von den Hefezellen so quasi ab hier produziert wird. (..) (V1 Transkript, Abs. 806)</p> <p>V: Jetzt fehlen mir natürlich ganz viele Messpunkte vom Anfang, aber jetzt interessiert mich einfach, wie es, wie es ab jetzt (.) weitergeht. (.) (V1 Transkript, Abs. 816)</p> <p>V: Gut, ich habe auch ein bisschen an dem Ding gewackelt, (.) das hat natürlich auch dazu geführt, dass die Blasen aufgestiegen sind. (V1 Transkript, Abs. 934)</p>	
A20b_u	/beurteilt Einschränkung	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt die Bedeutung oder das Ausmaß der vorher genannten Einschränkung - bewertet den Wert, die Qualität und/oder die Wichtigkeit der vorher genannten Einschränkung 	<p>V: Gut, aber trotzdem (.) macht ja diese ganze Säule auch was, also das sollte jetzt eigentlich nicht so (.) stören. (V1 Transkript, Abs. 807)</p>	Ggf. A18b (beurteilt Lösung) parallel kodieren.
AS04	Ergebnisse auf Hypothese beziehen	mit Bezug auf die Hypothese schlussfolgern		
A11	/schätzt Übereinstimmung zwischen Evidenz und Vorhersage ein	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt, inwiefern die <u>Daten</u> oder <u>Ergebnisse</u> den eigenen Erwartungen/Vorhersagen entsprechen 	<p>V: Also sieht man hier an dieem Grafen ganz gut, dass die Hefemenge tatsächlich einen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Gärung hat. (Hypothetisch)</p> <p>V: Ich hatte ja gedacht, dass die Gärung auch mit Stevia funktioniert, aber die Ergebnisse zeigen, dass das scheinbar doch nicht der Fall ist. (Hypothetisch)</p>	
A21	/widerlegt/falsifiziert Hypothese	<ul style="list-style-type: none"> - expliziert, dass die <u>Hypothese</u> falsch ist - nennt Argumente, die gegen die Gültigkeit der <u>Hypothese</u> sprechen 	<p>V: Das spricht dann ja gegen meine Hypothese, dass die Glucosemenge einen Einfluss auf die Hefegärung hat. (Hypothetisch)</p> <p>V: Also dieer Ansatz zeigt hier eigentlich, dass meine Hypothese</p>	Ggf. parallel hierzu kodieren: A13_u (zieht Schlussfolgerung) , falls die Gültigkeit der Hypothese aus dem Experiment geschlussfolgert wird.

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<i>falsch war. (Hypothetisch)</i>	
A22	/unterstützt/ <u>verifiziert Hypothese</u>	- expliziert, dass die <u>Hypothese</u> richtig ist - nennt Argumente, die für die Gültigkeit der <u>Hypothese</u> sprechen	<i>V: Also scheint meine Hypothese zu stimmen. (Hypothetisch)</i> <i>V: Die Ergebnisse sprechen dann ja tatsächlich dafür, dass die Glucoseart einen Einfluss auf die Hefegärung hat. (Hypothetisch)</i>	ggf. parallel hierzu kodieren: A13_u (zieht Schlussfolgerung) , falls die Gültigkeit der Hypothese aus dem Experiment geschlussfolgert wird.
A23	/generiert weitere <u>Hypothese</u>	- nennt im Rahmen der Auswertung eine <u>Hypothese</u> , die zuvor noch nicht genannt wurde - nennt in Bezug auf die <u>Ergebnisse</u> eine zuvor noch nicht genannte <u>Hypothese</u>	<i>V: Ob die Sauerstoffzufuhr einen Einfluss auf die Hefegärung hat, konnte ich jetzt mit meinem Experiment gar nicht untersuchen, aber das müsste ja so sein, wenn man der Information in diesem Text hier glauben kann. (Hypothetisch)</i> <i>V: Dann hätte die Zuckermenge ja auch noch einen Einfluss auf die Hefegärung, das könnte man auch noch mal untersuchen. (Hypothetisch)</i>	
A24	/formuliert eine alte <u>Hypothese</u> neu	- nennt eine <u>Hypothese</u> , die durch Umformulierung bzw. Anpassung einer bereits genannten entstanden ist	<i>V: Also hat demnach die Sauerstoffzufuhr keinen Einfluss auf die Hefegärung, jedenfalls nicht bei Zimmertemperatur. Aber möglicherweise ist das bei höheren Temperaturen ja anders. (Hypothetisch)</i>	
K00	Kommunikation/ Anwendung (KA)			
KS01	Kommunikation			
O2	/wählt Medium zur Kommunikation der <u>Lösung</u> aus	- nennt ein Medium, mit dem die Lösung präsentiert werden soll	<i>V: Um das dann entsprechend zu visualisieren würde ich wahrscheinlich ein Plakat oder so machen. (Hypothetisch)</i>	
K03	/begründet Ergebnis	- rechtfertigt Ergebnisse vor einer anderen Person - argumentiert mit Ergebnissen in einer Diskussion - belegt Lösung mit Ergebnissen in einer Diskussion	<i>V: Aber meine Ergebnisse zeigen doch, dass die Hefeart keinen Einfluss auf die Gäraktivität hat. (Hypothetisch)</i>	
K04	/präsentiert Ergebnis	- präsentiert Ergebnisse einer dritten Person - fasst Ergebnisse für	<i>V: Also zusammenfassend kann ich sagen, dass ich mit meinem Experiment zeigen konnte, dass die Gäraktivität mit steigender Temperatur</i>	

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		eine andere Person zusammen	<i>der Suspension steigt. (Hypothetisch)</i>	
K05	/kommuniziert <u>Lösung</u>	- präsentiert Lösung einer dritten Person - fasst Lösung für eine andere Person zusammen	<i>V: So, ich fasse mal zusammen. (V1 Transkript, Abs. 1125)</i>	
K06	/kommuniziert Fehlerquellen	- spricht mit einer dritten Person über Quellen unvermeidlicher experimenteller Fehler	<i>V: Ich muss dazu anmerken, dass im ersten Versuchsansatz die Hefemenge nicht genau genug abgemessen wurde. (Hypothetisch)</i>	
KS02	Anwendung			
K08	/wendet mathematische Methode an, um Vorhersage zu treffen	- argumentiert mit mathematischen Berechnungen, bei der Formulierung einer Vorhersage		
K09	/koordiniert Theorie und Beweise	- stimmt Theorie und Beweise aufeinander ab - bringt Theorie und Beweise miteinander in Einklang und/oder in Zusammenhang		
K10	/ordnet Ergebnis/Lösung in Zusammenhang ein	- nennt Lösung in einem anderen und/oder größeren Zusammenhang		
K11	/schlägt Idee zur weiteren Nachforschung vor	- nennt Vorschlag für weiteres Experiment	<p><i>V: Es gibt ja auch verschiedene Zucker, das könnte man auch vergleichen, (...) was besser funktioniert. (V1 Transkript, Abs. 198)</i></p> <p><i>V: Also, ich denke, wenn man diesen Versuchsaufbau erst mal so ein bisschen am Laufen hat, dann kann man sich ganz viele tolle Sachen überlegen. (...) (V1 Transkript, Abs. 755)</i></p> <p><i>V: Also, wie gesagt, im Zusammenhang irgendwie (...), wie viel Zucker pro Glu/ also (...), man könnte da irgendwie solche Sättigungen (...) überlegen, ja. (V1 Transkript, Abs. 756)</i></p> <p><i>V: Aber ich könnte natürlich auch diese/ einfach diese Produkte untersuchen und die Hefe als, (...) als Indikator nehmen, ob da irgendwie Glucose drin ist, oder was die Hefe alles spalten kann, (...) also zum Beispiel, ob die Stevia.</i></p>	

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<p>(V1 Transkript, Abs. 764)</p> <p>V: Also, man könnte jetzt eigentlich, also ich könnte jetzt eigentlich herausfinden, (...) wie lange so diese erste Phase dauert, bis überhaupt das CO2 entsteht. (V1 Transkript, Abs. 1049)</p>	
K12a	/definiert neues Problem	- nennt ein neues Problem in Bezug auf eigene Untersuchungsergebnisse	<p>V: Was jetzt aber wirklich komisch ist, dass sich hier so ein Schaum bildet. (Hypothetisch)</p> <p>V: Das ist ja eigentlich auch ein ganz spannendes Phänomen, müsste man auch mal untersuchen. (Hypothetisch)</p>	
K12b	/formuliert neue Frage	- nennt eine vorher noch nicht genannte Frage in Bezug auf eigene Untersuchungsergebnisse	<p>V: Die Frage, die sich stellt ist, ob, (..) ob, wenn man weniger genommen/ Hefe und Mehl genommen hätte, ob das äh (.) schneller passiert wäre, [...]. (V3 Transkript, Abs. 307 - 307)</p> <p>V: ob, ob Stevi/ ob die ((Hefe)) Stevia, (..) auch verwerten kann? (V1 Transkript, Abs. 766)</p> <p>V: wie würde es dann weitergehen? (V1 Transkript, Abs. 915)</p> <p>V: Und wann hört es dann auf, oder hört es überhaupt auf? (V1 Transkript, Abs. 921)</p> <p>V: Jetzt ist natürlich die Frage, woran liegt das dann, wenn es (...), wenn es statisch ist. (V1 Transkript, Abs. 939)</p> <p>V: Aber es ist halt die Frage was davon passiert. (V1 Transkript, Abs. 942)</p>	
K13	/formuliert neue Hypothese	- nennt eine vorher noch nicht genannte Hypothese in Bezug auf eigene Untersuchungsergebnisse	<p>V: [...] aber ich vermute das nicht, dass es nicht von der Menge abhängig ist. Also, wenn man in den gleichen Mengenverhältnissen (..) das zueinander äh mischt, (..) also sonst würde ja nicht un/ (.) äh (.) nicht ohne Grund 15 Minuten auf der Packung von Dr. Oetker drauf stehen. (..) (V3 Transkript, Abs. 307 - 308)</p>	Diese Aspekte werden im weiteren Verlauf nicht untersucht!
K14	/macht Vorhersage auf Basis der Ergebnisse	- äußert eine vorher noch nicht genannte Vorhersage in Bezug auf eigene Untersuchungsergebnisse	<p>V: Also ich würde, äh, davon ausgehen, dass n/ jetzt nichts großartiges mehr passieren wird, außer dass sich äh vermehrt Blasen bilden werden,</p>	

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		zug auf eigene Untersuchungsergebnisse	<p>äh, dass die Konsistenz fluffiger wird. (V3 Transkript, Abs. 333 - 333)</p> <p>V: Na, also ich denke, irgendwann, wenn dann quasi alle (...)/ Aber wenn dann alle Hefen, (.) die ganze Zeit die Glykolyse machen, dann ist es dann ein linearer Zusammenhang, also proportional. (V1 Transkript, Abs. 917 - 920)</p> <p>V: Also, irgendwann wird es ja abbrechen, das wird ja nicht bis in alle Ewigkeit (.) so weiterlaufen. (.) (V1 Transkript, Abs. 922)</p> <p>V: [...] also, ich bin mir sowieso sicher, dass es nicht bis in alle Ewigkeit so weitergeht, dass dann der Verlauf dann so ist, dass es sich dann abflacht wieder (..) und dann irgendwann statisch ist, also spätestens, wenn die Hefen dann alle gestorben sind. (..) (V1 Transkript, Abs. 938)</p>	
K15	/plant neues Experiment	- nennt Aspekte der Planung eines vorher nicht genannten Problems/Experiments	V: Ja, (.) also für so eine Testreihe würde ich vielleicht, also wenn ich hier aufsetzte vielleicht, also vielleicht (.) zehn, 15 Minuten warten wollen. (V1 Transkript, Abs. 752)	
K16	/wendet Labor- methode an	- expliziert, dass sie/er eine vorher angewendete Methode auf das neue Experiment anwendet	V: Bei diesem Experiment hier wende ich mal die gleiche Methode an, die hat beim letzten Mal ja ganz gut funktioniert. (Hypothetisch)	
K17	/prüft Hypothese erneut	- expliziert, dass sie/er ein vorher noch nicht durchgeführtes Experiment durchführt	V: Das hat eben ja nicht so wirklich funktioniert, ich glaube das prüfe ich jetzt lieber noch mal mit einem anderen Verfahren. (Hypothetisch)	
PÜ	Prozess- übergreifend (PÜ)			
E13_X	analysiert <u>Experimentumgebung</u>	<p>- beschreibt Laborumgebung ohne bestimmtes Ziel/einen bestimmten Zweck</p> <p>- benennt gegebene Materialien, ohne etwas Bestimmtes zu suchen</p> <p>- expliziert, dass</p>	<p>V: Aber erst mal schau ich mir an, was ich hier alles habe. (V1 Transkript, Abs. 33)</p> <p>V: Vielleicht inspiriert mich das ja. (.) (V1 Transkript, Abs. 35)</p> <p>V: Also, Frischhefe und Trockenhefe,</p>	Wird nach Geräten und/oder Materialien <u>für einen bestimmten Zweck</u> gesucht, unter P02a (analysiert System) kodieren. (z. B. V: „So, ich brauche jetzt mal irgendwas, mit dem ich die Zeit stoppen kann“).

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		sie/er sich in der Experimentierumgebung umsieht/orientiert	<i>Stoppuhr, genau (..) und verschiedene Sachen.</i> (V1 Transkript, Abs. 36)	
	recherchiert			
G02a H01b	/zieht Informationsquelle heran	<ul style="list-style-type: none"> - expliziert, dass er das Informationsmaterial heranzieht - liest Textstellen des Informationsmaterials laut vor - paraphrasiert Textstellen des Informationsmaterials - bezieht sich auf das Informationsmaterial 	<p><i>V: Ich überlege, dass in der Sachinformation einmal die Gärung einmal unter anaeroben (...) Bedingungen, einmal unter aeroben Bedingungen vorliegt.</i> (V7 Transkript, Abs. 25)</p> <p><i>V: Was ist das? (.) Stevia ist ein aus der Pflanze (.) gewonnenes Stoffgemisch, das als Süßstoff verwendet wird. Aha. (..)</i> (V3 Transkript, Abs. 31 - 31)</p> <p><i>V: Okay, also das kann ich mir dann hier nochmal durchlesen, das werde ich dann zu gegebener Zeit auch tun. (..) Äh (..)</i> (V1 Transkript, Abs. 48)</p>	
E05	/versteht Text, etc.*	<ul style="list-style-type: none"> - wiederholt Texte, etc. in eigenen Worten - expliziert, dass sie/er den Text, etc. verstanden hat 	<p><i>V: Ich kann wahrscheinlich nehmen, welches ich will.</i> (V1 Transkript, Abs. 67)</p> <p><i>V: Sprich, ich muss das dann umkippen.</i> (V1 Transkript, Abs. 74)</p> <p><i>V: Ok, die Suspension bleibt dann in diesem Teil.</i> (V1 Transkript, Abs. 96)</p> <p><i>V: Ja, das kann man hier ablesen, da ist eine Skala (.) in %-Zucker.</i> (V1 Transkript, Abs. 102)</p> <p><i>V: Achso, also der Unterschied besteht eigentlich darin, dass bei äh (..) Gärung auch (..) äh Alkohol entsteht und bei (.) der (..) Veratmung (..) äh entsteht auch Wasser und in beiden Fällen entsteht aber CO2 [...]</i> (V1 Transkript, Abs. 126)</p>	<p>* Text, Diagramm, Abbildung oder Tabelle</p> <p>Unterschied zu A13_u (zieht Schlussfolgerung): Hier wird der Text ohne Bezug auf das Phänomen/Problem repliziert. Der Satz enthält keine eigenen Anteile und bezieht sich nicht auf das eigene Handeln.</p>
G02b H01c	/zieht Vorwissen heran	<ul style="list-style-type: none"> - nennt Fakten und/oder Zusammenhänge, die nicht im Informationsmaterial enthalten sind - nennt ggf. Quelle der Information - expliziert, dass er auf sein Vorwissen zurückgreift (oder keines hat) 	<p><i>V: Also, mich erinnert das an Backen. (.) Wie hieß das nochmal, dieser, (..) dieser lustige Kuchen? Hermann. ((lacht))</i> (V3 Transkript, Abs. 4 - 5)</p> <p><i>V: Also, ich habe immer nur Kuchen mit (.) Trockenhefe gebacken. (.) Frischhefe kenne ich nicht. (...)</i> (V3 Transkript, Abs. 25 - 25)</p>	

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<p>V: Wenn ich normal einen Kuchen backe, dann sind ja keine anaeroben Bedingungen. (V7 Transkript, Abs. 26)</p> <p>V: Gärung, was fällt mir jetzt zu Gärung ein? ((lacht)) (V1 Transkript, Abs. 44)</p> <p>V: Müsste ich eigentlich alles wissen, aber naja ((räuspert sich)). (V1 Transkript, Abs. 110)</p> <p>V: Hefe ist ja Backtriebmittel, (.) wie es da auch steht und es ist bei der Gärung/ (V1 Transkript, Abs. 176)</p>	
G02c	/zieht Experiment <u>er</u> gebnis heran	- liest Experiment <u>er</u> gebnisse laut vor - argumentiert mit Ergebnissen eines Experiments		
G03_X	/protokolliert	- notiert/protokolliert Informationen - expliziert, dass sie/er Informationen aufschreibt/protokolliert - nennt Informationen, die sie/er notiert/protokolliert - expliziert, dass sie/er etwas protokolliert/notiert (z. B. Informationen bzgl. der Phasen)	<p>V: Ok, (.) dann schreibe ich mir mal kurz auf, was ich hier drin habe. (..) Also, ich glaube ich habe da zehn Milliliter Wasser genommen. Ja und 25 (..) es war ein bisschen mehr 25,22 Gramm oder so, (..) ja, 25,22 Gramm Hefe. Und zwar Frischhefe. (V1 Transkript, Abs. 493-499)</p> <p>V: Naja, (.) das schreibe ich jetzt mal auf. (..) (V1 Transkript, Abs. 625)</p> <p>V: Hier ist meine Lösung, schreibe ich mal auf: (.) 10 H2O, oder zehn Milliliter H2O, plus (..) 25,522 Gramm (..) Frischhefe. (V1 Transkript, Abs. 718)</p> <p>V: Ok und, und ich notiere mir mal kurz, von diesem ((zweiter)) Versuchsaufbau, wie da jetzt die Parameter waren. (V1 Transkript, Abs. 720)</p>	<p>Hier können protokollierte Aspekte z. B. sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Forschungsfrage, Forschungsziel oder Hypothese, - Aspekte der Planung wie z. B. Messzeiten, Versuchsaufbau, - Aspekte der Durchführung wie z. B. Zusammensetzung der Versuchslösung oder - Aspekte der Auswertung wie z. B. Berechnungen. <p>Wenn Daten oder Ergebnisse einer Messung oder Beobachtung protokolliert werden, folgendes kodieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Messung: D10b (dokumentiert Messung), - Beobachtung: D10c (dokumentiert Beobachtung), - Ergebnis: D15 (hält Ergebnis fest).
G04_X	/wendet Mathematik an	- argumentiert mathematisch (Logik, Rechenwege, statistische Grundsätze, etc.)	<p>V: Also, in dem zweiten Ansatz (..) sind 25 mal mehr (.) Hefezellen drin und doppelt so viel Traubenzucker [...]. (V1 Transkript, Abs. 786)</p>	

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt eine Berechnung - expliziert, dass er eine Berechnung - nennt numerische Werte seiner Berechnung 		
G01a D14a/ G01b D14b	/geht mit <u>Fehler/Problem</u> um	<ul style="list-style-type: none"> - benennt <u>Problem</u> - benennt Schwierigkeit - benennt eine aus dem Problem resultierende Implikation für weiteres Vorgehen - benennt Verfahrensfehler - benennt methodischen Fehler - benennt inhaltlichen Fehler - benennt Einfluss des Fehlers auf die <u>Lösung/die Ergebnisse</u> - benennt Folge des Fehlers für die <u>Lösung/die Ergebnisse</u> - benennt eine aus dem Fehler resultierende Implikation für weiteres Vorgehen 	<p>V: <i>Das ist gar nicht so einfach.</i> (V1 Transkript, Abs. 84)</p> <p>V: <i>Na, das ist ja gar nicht so einfach.</i> (V3 Transkript, Abs. 224 - 224)</p> <p>V: <i>Ich habe hier nämlich noch ganz schön viele Klümpchen, das ist glaube ich nicht gut. (..)</i> (V1 Transkript, Abs. 290)</p> <p>V: <i>Ob sich das da alles drin (..) auflöst, das (..) wird sich noch zeigen.</i> (V1 Transkript, Abs. 449)</p> <p>V: <i>Nein, das ist schlecht, da ist jetzt gerade eine Blase, aber eine Luftblase entstanden, aber ich möchte ja, dass da oben möglichst nur CO2 ist.</i> (V1 Transkript, Abs. 311)</p>	<p>Verfahrensfehler: z. B. Konstruktion der Apparatur, Handhabung der Instrumente</p> <p>Methodischer Fehler: z. B. kein Differenztest, kein Kontrollversuch, unzureichende Dokumentation</p> <p>Inhaltlicher Fehler: z. B. Fälschlich angenommene Hypothesen, Fehler in der Interpretation, falsche Bewertung von Signifikanzen</p> <p>(Graßhoff et al., 2000)</p>
S00	Sonstiges (S)	- alle Äußerungen, die keinem der Codes zugeordnet werden können		
S01	/unv.	- Als (unv.) markierte Absätze, die aufgrund der Unverständlichkeit nicht zuzuordnen sind.	V: <i>(unv.) (...)</i> (V7 Transkript, Abs. 17)	
S02	nicht zuordenbar	<ul style="list-style-type: none"> - Aussagen, die keiner der Kategorien zugeordnet werden können - Unvollständige Sätze, deren Sinn sich nicht aus dem Zusammenhang erschließen - Äußerungen wie "äh" oder "so", wenn sie einen eigenen Absatz darstellen 	<p>V: <i>(Was ich auch alles in einem machen kann?)</i> (V7 Transkript, Abs. 39)</p> <p>V: <i>Dazu gebe ich/</i> (V7 Transkript, Abs. 85)</p>	Z. B. als unverständlich (unv.) transkribierte Aussagen.

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
		- unverständliche Absätze, welche als (unv.) transkribiert wurden		
S03	kein LD	- Sprechpause - T spricht während der Aufgabenbearbeitung - S spricht T direkt an - Isolierte Füll-Laute (z. B. Äh, So, Naja, Na gut)	<i>T: Du kannst jetzt schon laut denken. (V1 Transkript, Abs. 3)</i> <i>V: Da ist Ton? (V1 Transkript, Abs. 4)</i> <i>V: (23) (V3 Transkript, Abs. 6 - 6)</i> <i>V: Ah, ok. (..) (V3 Transkript, Abs. 16 - 16)</i>	Sprechpausen werden nur als solche kodiert, wenn anschließend ein neuer Satz beginnt.
AA00	Andere Aspekte			
AA01	säubert/räumt auf	- räumt Geräte/Materialien weg - säubert Geräte/Materialien - beschreibt das Säubern von Geräten/Materialien		
AA02	/kommentiert Prozess			
AA03	/Bemerkung zum Lauten Denken	- spricht über die Methode des Lauten Denkens	<i>V: ((lacht)) Ja, ich gucke ihn noch ein zweites Mal, dann kommentiere ich. (V7 Transkript, Abs. 5)</i> <i>V: Achso, laut denken, achja. (V1 Transkript, Abs. 10)</i>	
AA04	/Bemerkung zur Aufgabenbearbeitung	- spricht auf einer Metaebene über die Dauer des Experiments	<i>V: Immer noch zehn vor. Ja (..), das kann ja dauern. (V3 Transkript, Abs. 301 - 301)</i> <i>V: Ach, ich glaube, so weit komme ich heute nicht. (V1 Transkript, Abs. 758)</i> <i>V: Einfach auch aus Zeitgründen so ein bisschen. (V1 Transkript, Abs. 988)</i>	
AA05	/Schulkontext	- spricht über die Eignung des Experiments für die Schule - nennt Möglichkeiten, das Experiment in der Schule anzuwenden - nennt Verbesserungsvorschläge für den Schulkontext	<i>V: Also, mir persönlich fällt, (.) je nach dem, was die Aufgabenstellung sein sollte bei Schülern zu Beispiel/ (.) (V3 Transkript, Abs. 34 - 34)</i> <i>V: Wahrscheinlich ist es (.) ja ein bisschen ungeeignet für Schüler (.) vor allem, wenn man aus dem Gesichtspunkt guckt, dass es spannend sein soll. (V3 Transkript, Abs. 312 - 312)</i>	

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
			<i>V: Ja und des Weiteren, dass (...) äh, (...) ja, dass wenn man extremere Bedingungen testen möchte, oder bessere sichtbare Sachen und nicht halt so feine äh Sachen, also, speziell für Schüler, damit die das auch richtig sehen (.) können, (.) dass man da noch ein bisschen feilen müsste am Experiment, indem man mehr Wasser nimmt (.) und mehr Hefe, um die (.) Reaktionsabläufe zu verstärken, also wenn man es so nimmt wie es im Rezept steht (.) äh hat man (...) diesen krassen Effekt nicht. (.) (V3 Transkript, Abs. 336 - 336)</i>	
AA06	/Alltagskontext	<ul style="list-style-type: none"> - nennt einen Bezug zum Alltag - verwendet Begriffe aus dem Alltag (z. B. Teig, Löffel, Kuchen) 	<p><i>V: Daraus würde ich schlussfolgern, dass (.) für einen lockeren (..) Boden, (..) oder für einen lockeren Kuchen die Feuchtheife geeigneter ist. (.) Äh (...).</i> <i>(V3 Transkript, Abs. 335 - 335)</i></p> <p><i>V: Dazu muss man auf jeden Fall wesentlich mehr Zeit einplanen (.) äh als 15 Minuten oder zehn (.) äh, was sich natürlich auch wieder ein bisschen bestätigt, wenn man (..) sich die/ äh ans Wachsen oder die Entwicklung von dem Kuchen Hermann sich anguckt, der immer gleich drei Tage im Kühlschrank warten muss eh man ihn verbacken kann. (..) Ja. (.)</i> <i>(V3 Transkript:, Abs.337 - 337)</i></p>	

Kategorien zur Organisation der Kodiererkommunikation

WA01	Besprechen	- Kodierung muss noch einmal mit dem zweiten Codierer besprochen werden
WA02	Kodierung überdenken	- Kodierer will Kodierung zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal überdenken
WA03	Abgleich (Video)	- Sinn der Äußerung (LDP)/Notiz (Protokoll) erschließt sich ohne Video nicht
WA04	Abgleich (LDP)	- Sinn der Handlung (Video)/Notiz (Protokoll) erschließt sich ohne Ton (LDP) nicht
WA05	Abgleich (Protokoll)	- Sinn der Äußerung (LDP)/Handlung (Video) erschließt sich ohne schriftliches Protokoll nicht
WA06	Bezug suchen	<ul style="list-style-type: none"> - Textstelle erscheint aus dem Zusammenhang gerissen - ein Abgleich mit anderen Datenquellen erscheint hilfreich

Kategorien zur Abfolge der Experimente

AEO 0	Abfolge der Experimente (AE)			Die Kategorien dieses Bereiches sind disjunkt.
AE01	Übergeordnet/ Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> - Äußerungen, die keinem bestimmten Experiment zugeordnet werden können - Äußerungen, die vor dem Beginn eines Experiments expliziert werden 	<p><i>V: Aber erst mal schaue ich mir an, was ich hier alles habe.</i></p> <p><i>V: Vielleicht inspiriert mich das ja.</i></p> <p><i>V: Also, Frischhefe und Trockenhefe, Stoppuhr, genau. (..) Und verschiedene Sachen.</i></p>	Z. B. alle Kodierungen der Phase "Phänomen/Problem"
AE02	/Vorversuch	<ul style="list-style-type: none"> - expliziert, dass er einen Vorversuch durchführt - expliziert, dass er das Material testet - expliziert, dass er etwas ausprobiert - expliziert, dass es sich nicht um das eigentliche Experiment handelt - alle Äußerungen, die sich auf diesen Vorversuch beziehen/diesem zugeordnet werden können 		

AEE 00	Experimente			
AEE01	/Experiment 1	<ul style="list-style-type: none"> - expliziert, dass er sich für die Untersuchung einer bestimmten Frage oder Hypothese entscheidet - expliziert, dass er sich für die Verfolgung eines bestimmten Ziels entscheidet - expliziert, dass er das Experiment zur entsprechenden Hypothese beginnt/durchführt - alle Äußerungen, die sich auf das entsprechende Experiment beziehen/die dem entsprechenden Experiment zuzuordnen sind 	<p><i>V: Also, ich probiere erst mal, dass da überhaupt irgendwas passiert</i></p> <p><i>V: Also, ich werde die ((Frischhefe)) nehmen. (...)</i></p> <p><i>V: Also, ich denke, ich bleibe dabei, erst mal zu probieren, überhaupt irgendwie Gärung in Gang zu bringen.(...)</i></p>	<p>Kriterien für die Abfolge der Experimente</p> <p>Ein Experiment:</p> <ul style="list-style-type: none"> - es liegt eine gemeinsame Fragestellung/Ziel zugrunde und/oder - die Ergebnisse werden gemeinsam (z. B. in einem Protokoll oder einer Grafik) ausgewertet. <p>Mehrere Experimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - es liegen unterschiedliche Fragestellungen/Ziele zugrunde und/oder - die Ergebnisse werden getrennt voneinander (z. B. in zwei unterschiedlichen Pro-

11 Anhang

				tokollen oder Grafiken) ausgewertet.
AEE_VAO_1	//Versuchsansatz 1	- Äußerungen, die den ersten Versuchsansatz betreffen		
AEE_VAO_2	//Versuchsansatz 2	- Äußerungen, die den zweiten Versuchsansatz betreffen		
		
AEE0_2	/Experiment 2	- Äquivalent zu AEE01, bezieht sich jedoch auf eine zweite Frage, Hypothese oder ein Ziel	<i>V: Deswegen setze ich jetzt noch ein zweites Ding auf mit mehr Frischhefe (.).</i>	
		
AE_WÜ	/weiterführende Überlegungen	- Formuliert Hypothesen, Fragestellungen, etc., geht diesen aber nicht weiter nach. - Formuliert Hypothesen, Fragestellungen, etc. aber nicht mit der Absicht, diese zu untersuchen		Z. B. alle Kodierungen der Phase "Kommunikation/Anwendung".
AE_NZ	/nicht zuordenbar	- keiner der Kategorien des Bereichs „Bearbeitungsfortschritt“ zuordenbar		Z. B. kein lautes Denken.

Anhang 16. Kodiermanual zur Prozessstruktur/Videos.

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
	_X steht für induktiv entwickelte Kategorien. _u steht für die Umformulierung einer Kategorie. / steht für fusionierte Kategorien (beispielsweise E02/03)	- es muss nur einer der Indikatoren erfüllt sein, um den Code zu erfüllen.	<i>(Proband_in_Datenquelle: Zeitintervall)</i>	fett geschrieben ist ein Hinweis auf einen anderen Code im System (Abgrenzung oder Doppelkodierung).
E00	Phänomen/ Problem (Ph/P)	- explizite Äußerungen zur Phase Phänomen/Problem (auf Metaebene)		*Phänomen = z. B. Video zur Hefegärung
E01	/beobachtet Phänomen/Problem	- sieht für mehr als 3 Sekunden auf den Bildschirm	<i>(Anneke\Anneke_Video: 00:00:00.0 - 00:00:10.0)</i> <i>(Jakob\Jakob_Video: 00:00:00.0 - 00:00:08.6)</i>	
D00	(D) Durchführung			
DS01	Die Durchführung des Experiments vorbereiten	notwendige Voraussetzungen für die Durchführung schaffen		
D03_u	/stellt Geräte/Materialien <u>zusammen</u>	- nimmt Gerät_e/Materialien in die Hand und stellt sie vor sich auf den Tisch	<i>(Anneke\Anneke_Video: 00:16:35.9 - 00:16:40.3)</i> <i>(Greta\Greta_Video: 00:08:29.7 - 00:08:56.4)</i>	Ohne die Geräte/Materialien auf bestimmte Art und Weise anzuordnen
D06_u	//fertigt <u>Versuchsansatz an</u>	- nimmt Stoffe in die Hand, die sie/er dem <u>Versuchsansatz</u> zufügt - rührt den fertigen Versuchsansatz um	<i>(Anneke\Anneke_Video: 00:18:06.7 - 00:18:08.6)</i> <i>(Greta\Greta_Video: 00:20:15.2 - 00:20:23.8)</i>	
D06a_X	//fertigt <u>Stammlösung an</u>	- nimmt Stoffe in die Hand, die sie/er der <u>Stammlösung</u> zufügt - öffnet Verpackungen der Stoffe für die <u>Stammlösung</u> - wiegt <u>Stammlösung</u> ab	<i>(Anneke\Anneke_Video: 00:18:06.7 - 00:18:08.6)</i> <i>(Greta\Greta_Video: 00:11:15.2 - 00:11:18.8)</i>	Die Stammlösung kann bereits die Einflussgröße enthalten
D06b_X	//bereitet <u>Einflussgröße vor</u>	- beschreibt die Vorbereitung der <u>Einflussgröße</u> - nimmt Stoffe in die Hand, die sie/er als Einflussgröße der <u>Stammlösung</u> zufügt - öffnet Verpackungen der Stoffe für die <u>Einflussgröße</u> - wiegt <u>Einflussgröße</u> ab	<i>(Anneke\Anneke_Video: 00:37:05.5 - 00:37:10.4)</i> <i>(Greta\Greta_Video: 00:16:04.2 - 00:16:05.4)</i>	Die Stammlösung muss noch nicht vollständig sein Vorbereiten beinhaltet z. B. Verpackung öffnen, abschneiden, abwiegen, zerkleinern, ...
D04_u	/baut <u>Versuchsanordnung</u> auf/ab	- beschriftet Geräte/Materialien - füllt fertige Versuchsansätzen ein oder ab - ordnet Gerät_e/Materialien in einer bestimmten Art und Weise an	<i>(Anneke\Anneke_Video: 00:05:16.1 - 00:05:18.3)</i> <i>(Hannes\Hannes_Video: 00:40:19.6 - 00:40:21.7)</i>	inkludiert das Abfüllen von fertigen Versuchsansätzen

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
D07[_u]	/nutzt [technisches] Gerät und/oder Apparatur	<ul style="list-style-type: none"> - benutzt Geräte/Apparaturen für die Vorbereitung des Experiments - Schaltet Geräte/Apparaturen zur Vorbereitung des Experiments ein/aus - blickt länger als 3 Sekunden auf ein Gerät/eine Apparatur 	<p>(Anneke\Anneke_Video: 00:18:08.6 - 00:18:14.9)</p> <p>(Greta\Greta_Video: 00:12:05.2 - 00:12:26.2)</p>	<p>Wichtig ist hier der Aspekt der Vorbereitung des Experiments</p> <p>Werden Messwerte zur Generierung von Daten abgelesen, D10 (führt Messung durch) kodieren. Es kann sich z. B. um die folgenden Geräte/Apparaturen handeln:</p> <ul style="list-style-type: none"> Waage Heizplatte Wasserkocher Taschenrechner
DS02	<u>Daten generieren</u>	das betrachtete System beeinflussen		
D10	/führt Messung durch	<ul style="list-style-type: none"> - blickt drei Sekunden oder länger auf ein Messgerät/eine Apparatur 	<p>(Anneke\Anneke_Video: 01:20:07.3 - 01:20:15.5)</p> <p>(Hannes\Hannes_Video: 00:24:07.9 - 00:24:12.0)</p>	<p>Nur im Zusammenhang mit der Reaktion des Experiments (Erfassung der abhängigen Variable und Zeiterfassung)</p> <p>Als <u>Messwert</u> zählen hierbei:</p> <ul style="list-style-type: none"> - von Messgeräten (z. B. Uhr, Waage) abgelesene Werte (z. B. Uhrzeit, Gewicht) - von einer Skala abgelesene Werte (z. B. Gasmenge, pH-Wert aus Farbtabelle)
D13_X	/beobachtet Versuchsansatz	<ul style="list-style-type: none"> - beschreibt, ob und/oder welche visuellen Zustände oder Veränderung des Versuchsansatzes sie/er wahrnimmt - expliziert, dass sie/er des Versuchsansatzes beobachtet 	<p>(Anneke\Anneke_Video: 00:06:17.5 - 00:06:22.2)</p> <p>(Greta\Greta_Video: 00:43:48.0 - 00:43:50.6)</p>	<p>Temperatur- und Geruchsbeschreibungen sowie Konsistenzen etc. werden hier inkludiert</p> <p>Nur im Zusammenhang mit der Reaktion des Experiments (beispielsweise abhängige Variable)</p> <p>allgemeine Beobachtungen werden unter D13 (beschreibt Beobachtung) kodiert.</p>

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
D07[_u]	/nutzt [technisches] Gerät und/oder Apparatur	<ul style="list-style-type: none"> - benutzt Geräte/Apparaturen für die Vorbereitung des Experiments - Schaltet Geräte/Apparaturen zur Vorbereitung des Experiments ein/aus - blickt länger als 3 Sekunden auf ein Gerät/eine Apparatur 	<p>(Jakob\Jakob_Video: 00:40:17.9 - 00:40:20.2)</p> <p>(Jenny\Jenny_Video: 02:26:39.0 - 02:26:43.8)</p>	<p>Wichtig ist hier der Aspekt der Vorbereitung des Experiments</p> <p>Werden Messwerte zur Generierung von Daten abgelesen, D10 (führt Messung durch) kodieren. Es kann sich z. B. um die folgenden Geräte/Apparaturen handeln:</p> <p>Waage Heizplatte Wasserkocher Taschenrechner</p>
DS04	<u>Daten</u> sammeln	Daten ermitteln und/oder protokollieren		
D10b	/dokumentiert <u>Messung</u>	- notiert/protokolliert/dokumentiert einen Messwert nachdem sie_er ein Messgerät abgelesen hat	(Nina\Nina_Video: 01:27:39.9 - 01:27:45.4)	Nur im Zusammenhang mit dem Transkript erkennbar. Ansonsten G03_X (protokolliert) kodieren.
D13_u	/dokumentiert <u>Beobachtung</u>	- notiert/protokolliert/dokumentiert eine Beobachtung nachdem sie_er den Versuchsansatz beobachtet hat		Nur im Zusammenhang mit dem Transkript erkennbar. Ansonsten G03_X (protokolliert) kodieren.
D15	/hält <u>Ergebnis</u> fest	- notiert/protokolliert/dokumentiert Ergebnis nachdem sie_er Messwerte berechnet hat	kein Beispiel	Nur im Zusammenhang mit dem Transkript erkennbar. Ansonsten G03_X (protokolliert) kodieren.
PÜ	Prozessübergreifend (PÜ)			
E13_X	analysiert Experimentierumgebung	<ul style="list-style-type: none"> - betrachtet gegebene Materialien, ohne etwas Bestimmtes zu suchen - nimmt gegebene Materialien und sieht sie sich an, stellt sie danach wieder an den gleichen Platz - blickt scheinbar ziellos in der Experimentierumgebung umher 	<p>(Anneke\Anneke_Video: 00:01:22.5 - 00:01:32.1)</p> <p>(Greta\Greta_Video: 00:07:23.7 - 00:07:27.9)</p>	Wird nach Geräten und/oder Materialien für einen bestimmten Zweck gesucht, unter P02a (analysiert System) kodieren.
	recherchiert			
G02a H01b	/zieht Informationsquelle heran	- blickt länger als 3 Sekunden auf das Informationsmaterial, nimmt es ggf. dabei in die Hand oder rückt es zurecht		Ggf. mit Transkript abgleichen

ID	Kategorie	Indikatoren	Ankerbeispiele	Hinweise
G03_X	protokolliert	- notiert/protokolliert/schreibt auf einen Zettel	(Anneke\Anneke_Video: 00:41:34.8 - 00:41:39.0) (Greta\Greta_Video: 00:16:40.9 - 00:16:44.2)	Dies kann beispielsweise nach dem Ablesen eines Messwertes, nach einer Beobachtung oder aber auch nach nicht zuordenbaren Abschnitten (z. B. Formulierung einer Fragestellung) erfolgen.
G01a D14a / G01b D14b	geht mit Fehler/Problem um	- verwirft Versuchsansatz - gibt fertig abgemessene Stoffe zurück oder in den Mülleimer - streicht Notizen durch	(Anneke\Anneke_Video: 00:05:21.2 - 00:05:24.1) (Greta\Greta_Video: 00:10:11.4 - 00:10:22.5)	
S00	Sonstiges (S)	- alle Handlungen, die keinem der Codes zugeordnet werden können		
S02	nicht zuordenbar	- Handlungen, die keinem der anderen Codes zugeordnet werden können - spricht und/oder gestikuliert oder ersichtliches Ziel	(Anneke\Anneke_Video: 00:00:29.6 - 00:00:30.6) (Greta\Greta_Video: 00:46:22.2 - 00:46:38.0)	z. B. als unverständlich (unv.) transkribierte Aussagen
AA00	Andere Aspekte			
AA01	säubert/räumt auf	- räumt Geräte/Materialien zur Seite/auf den Materialwagen/ an ihren Platz zurück - säubert Geräte/Materialien und/oder stellt es zum Trocknen auf - wischt den Labortisch ab	(Anneke\Anneke_Video: 00:28:04.0 - 00:28:09.1) (Greta\Greta_Video: 00:31:18.0 - 00:31:24.3)	

Anhang 17. Begriffsdefinitionen.

Begriff	Definition	Quelle
auswählen	<i>prüfend aussuchen [und zusammenstellen]</i>	1
beobachten	<i>über eine gewisse Zeit zu einem bestimmten Zweck auf jemanden oder etwas achten, bzw. jemand oder etwas kontrollieren oder überwachen</i>	1
beurteilen	<i>dem Wert, der Qualität oder der Wichtigkeit nach einschätzen oder bewerten</i>	1
charakterisieren	<i>in seiner typischen Eigenart darstellen</i> Synonyme: <i>beschreiben, bezeichnen, darlegen, darstellen, definieren, in Worte fassen/kleiden, umschreiben, veranschaulichen, wiedergeben</i>	1
Daten	<i>durch Beobachtungen, Messungen, statistische Erhebungen u.a. gewonnene [Zahlen]werte</i> <i>auf Beobachtungen, Messungen, statistischen Erhebungen u.a. beruhende Angaben, formulierbare Befunde</i> → <i>umfasst sowohl Rohdaten, als auch bereits verarbeitete [im Experiment ermittelte] Daten</i>	1
Einflussgröße	<i>ein erfasster Faktor, der nicht Gegenstand der Messung ist, die Messgrößen jedoch beeinflusst (4,6)</i> <i>unabhängige Variable (4)</i> <i>Gegensatz: Störgröße = nicht erfasste Einflussgröße (5)</i>	4,5,6
Ergebnis	<i>eine Aussage, welche „durch Rechnung, Messung, Auszählung o. Ä. ermittelt“ wurde</i>	1
falsifizieren	<i>eine wissenschaftliche Aussage (Hypothese), durch empirische Beobachtung, durch einen logischen Beweis widerlegen</i>	1
Fehler	<i>Unrichtigkeit</i> <i>etwas, was falsch ist, vom Richtigen abweicht; Unrichtigkeit</i>	1
Genauigkeit	<i>die Richtigkeit und Präzision</i>	9
Hypothese	<i>Vorläufige Erklärung für ein Phänomen/Problem, die mindestens zwei Variablen und eine Relation (Wirkungsrichtung) beinhaltet.</i>	7
identifizieren	<i>aufgrund bestimmter Merkmale ausmachen, erkennen, feststellen</i>	1
Kontrollansatz	<i>ein Versuchsansatz, der in allen Punkten mit dem experimentellen Ansatz identisch ist bis auf das Fehlen des Einflussfaktors, der Gegenstand der Untersuchung ist</i> Synonym: <i>Negativkontrolle</i> <i>Gegensatz: Positivkontrolle</i>	8
Mathematik	<i>die „Lehre von den Zahlen, Figuren, Mengen, ihren Abstraktionen, den zwischen ihnen möglichen Relationen, Verknüpfungen“</i>	1
messen	<i>durch Anlegen/Zugrundelegen eines Maßes ermitteln</i>	1
Messung	<i>die Ermittlung einer quantitativen Aussage über eine Messgröße durch Vergleich mit einer Einheit</i>	3
Messwert	<i>ein „aus einer oder zwei Anzeigen [...] ermittelter Wert einer Messgröße“</i>	1
Operationalisierung	<i>Transformation von Aussagen in empirisch überprüfbare Messoperationen und genau beschreibbare Sachverhalte (2)</i> <i>legt fest, auf welche Weise die Ausprägung der interessierenden Größe beobachtbar bzw. <u>messbar</u> gemacht werden soll (3)</i>	2, 3
organisieren	<i>etwas sorgfältig und systematisch vorbereiten, aufbauen; für einen bestimmten Zweck einheitlich gestalten (siehe Standardform)</i>	1
Problem	<i>Schwierigkeit</i>	1
reflektieren	<i>erneut durch- oder überdenken oder prüfend betrachten</i>	1

11 Anhang

	Synonyme: sich Gedanken machen, grübeln, nachdenken, sinnieren, überlegen, durchdenken, sich durch den Kopf gehen lassen, überdenken, von allen Seiten betrachten; (umgangssprachlich) bebrüten	
Rohdaten	noch unverarbeitete Daten, die noch nicht ausgewertet sind → die im Experiment ermittelten, unverarbeiteten Daten im engeren Sinne	1
Sachverhalt	Gesamtheit von (in einem bestimmten Zusammenhang, unter einem bestimmten Gesichtspunkt) bedeutsamen Umständen, Tatsachen Synonyme: Frage, Problem	1
Schlussfolgerung	logische Folgerung; Schluss, mit dem etwas aus etwas gefolgert wird	1
Stammlösung	die sogenannte Vorlage, die als Grundlage für die <u>Versuchsansätze</u> dient, d. h. die Gesamtheit der Stoffe, die nicht variiert werden Synonym: Stocklösung	3
Störvariable/ Störgröße	eine Variable/ein Faktor, die/der das Experiment stört, aber nicht erfasst bzw. eliminiert werden kann → Hinweis: Störvariablen müssen in der Auswertung herausgerechnet werden!	5
System	Einheit aus technischen Materialien, Bauelementen, die eine gemeinsame Funktion (das Experiment) haben. Synonym: Aufbau, Organisation, Struktur, Zusammenhang	1
systematischer Fehler	ein durch Sekundärvarianz verursachter Fehler	3
Technik	„besondere, in bestimmter Weise festgelegte Art, Methode des Vorgehens, der Ausführung von etwas“	1
überprüfen	erneutes Überdenken oder Durchdenken	1
Variable	eine veränderliche Größe (1) ein beobachtbares Merkmal, das bei verschiedenen Objekten unterschiedlich ausgeprägt sein kann (2)	1 2
verarbeiten	a. [bei der Herstellung von etwas] als Material, Ausgangsstoff verwenden b. Rohdaten als Material oder Ausgangsstoff benutzen c. Synonyme: einarbeiten, einbeziehen, einsetzen, gebrauchen, verwenden, verwerten, anlegen, anordnen, arrangieren, entwickeln, modulieren, systematisieren, umwandeln, verwerten	1
verifizieren	das Bestätigen der Richtigkeit einer Sache durch Überprüfen	1
Versuchsansatz	besteht aus der <u>Stammlösung</u> und der <u>Einflussgröße</u> , das heißt die Gesamtheit aller Stoffe	X
Werte-Tupel	Ein Werte-Tupel beschreibt für einen Versuchsansatz und dessen weitere Verarbeitung, welche konkreten Ausprägungen die betrachteten Variablen haben	

Anhang 18. Kodiermanual zu den Niveaustufen.

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
	N = Niveau Ph/P = Phänomen/Problem F/Z = Frage/Ziel H = Hypothese P = Planung D = Durchführung A = Auswertung K/A = Kommunikation/Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> o Die Vergabe eines Indikators reicht aus × beide Indikatoren müssen zutreffen o einer der Indikatoren muss zutreffen 		blau und fett geschrieben ist ein Hinweis auf einen anderen Code (Abgrenzung oder Doppelcodierung)
N/P hP	(PhP) Phänomen/Problem (In Anlehnung an Grube, 2010)	PhP07 (setzt Sachverhalte in Beziehung) F01 (formuliert Forschungsfrage) F03_X (formuliert Forschungsziel) H02 (formuliert Hypothese)		*Phänomen = z. B. Video zur Hefegärung
N/Ph P_X	kein Bezug auf das Phänomen/Problem	<ul style="list-style-type: none"> o beobachtet das Phänomen/Problem ohne es darüber hinaus zu definieren o formuliert Frage oder Hypothese, ohne Aspekte aus dem Phänomen/Problem aufzugreifen (zu nennen) o bezieht Phänomen/Problem nicht in das weitere Vorgehen ein 	<i>V: Und als erstes könnte man mal gucken (...), mit was sich Hefe am besten verträgt.</i> <i>V: Was haben wir hier für interessante Geräte.</i> <i>V: Hier gibt es zu viel Zeug, kann man nicht so schnell (entscheiden?), was man benutzen will.</i> <i>V: Nehmen wir als erstes mal die (.) Frischhefe.</i> <i>V: Schauen wir mal, was passiert.</i> <i>V: Wenn man die in nichts packt, passiert nichts, das kennen wir schon aus der Küche.</i> <i>(V10 Transkript, Abs. 23 - 33)</i>	
N/Ph P_1	Bezug auf das Phänomen/Problem ohne Begründung	× benennt Aspekte des Phänomen/Problems ohne einen Bezug zu Alltagsanalogien oder Fachverständnis herzustellen	<i>V: Es gibt (.) verschiedene Konstellationsmöglichkeiten, das auszuprobieren.</i> <i>V: Ich würde einfach (..) die Hefe mit verschiedenen Zuckern ansetzen, die Hefe (...) mit Zucker und Mehl ansetzen, mit den verschiedenen Zuckern und Mehl und dann gleichzeitig noch den Vergleich zwischen der Trockenhefe, der</i>	

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
			<i>abgelaufenen (.) und der frischen/ (.) Frischhefe. (...)</i> (V7 Transkript, Abs. 14 - 16)	
N/Ph P_2	Bezug auf das Phänomen/Problem mit Bezug auf korrekte Alltagsanalogien (kAa)	<ul style="list-style-type: none"> × benennt Aspekte des Phänomen/Problems o bezieht sich sinnvoll auf korrekte Alltagsanalogien, jedoch nicht auf biologisches Fachverständnis o benennt korrekte Alltagsanalogien, jedoch kein biologisches Fachverständnis 	<p><i>V: Ja, und ich möchte jetzt eigentlich herausfinden, was da passiert ist, oder eigentlich möchte ich, dass bei mir die Hefesuspension bei mir auch so steigt, (..) weil das irgendwie cool ist, ein cooler Effekt.</i></p> <p><i>V: Den möchte ich jetzt reproduzieren. ((lacht)) [...]</i></p> <p><i>V: Ok, da das ja offensichtlich was mit der Hefegärung zu tun hatte, (..) will ich mal herausfinden, (..) vielleicht, wie die funktioniert.</i> (V1 Transkript, Abs. 27 - 31)</p>	
N/Ph P_3	Bezug auf das Phänomen/Problem mit Bezug auf biologisches Fachverständnis (bFv)	<ul style="list-style-type: none"> × benennt Aspekte des Phänomen/Problems × benennt biologisches Fachverständnis o benennt Fachinformationen aus dem Phänomen/Problem oder einer Informationsquelle 	<p><i>V: nein, also (.) ich denke mal, dass es rechts/ (..) äh, dass rechts der Hefe etwas gefehlt hat, zum Beispiel äh (..) ja irgend/ äh (..) ein Edukt, ob es jetzt (.) Zucker ist (.) äh (.) ja also die Hefe braucht ja etwas, um aktiv (..) die (.) das Proukt/ äh nein, dass Edukt umzuwandeln und ich denke da (...) oder die war inaktiv äh (.) ja durch (..) vielleicht wurde die schon getötet durch zu viel Hitze oder genau irgendetwas ist da passiert.</i> (V6 Transkript, Abs. 13)</p>	
N/F	(FZ) Frage/Ziel	F01 (formuliert Forschungsfrage) F03_X (formuliert Forschungsziel)		Nur F01a-F01c kodieren, F01d (wiederholte Frage) wird hier nicht kodiert.
N/F_ X	kein/e Frage/Ziel	<ul style="list-style-type: none"> o formuliert kein/e Forschungsfrage/Forschungsziel o formuliert naturwissenschaftlich nicht prüfbare, allgemeine oder nur subjektiv sinnvolle/s Forschungsfrage/Forschungsziel 	<p><i>V: Ich würde einfach (..) die Hefe mit verschiedenen Zuckern ansetzen, die Hefe (...) mit Zucker und Mehl ansetzen, mit den verschiedenen Zuckern und Mehl und dann gleichzeitig</i></p>	

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
			<i>noch den Vergleich zwischen der Trockenhefe, der abgelaufenen (.) und der frischen/ (.) Frischhefe. (...)</i> (V7 Transkript, Abs. 14 - 16)	
N/F_1	einfache/s Frage/Ziel auf Phänomenebene	<p>× formuliert naturwissenschaftlich überprüfbare/s Forschungsfrage/Forschungsziel</p> <p>×o bezieht sich bei der Formulierung der/s Forschungsfrage/Forschungsziels auf das Phänomen/Problem</p> <p>×o bezieht sich auf ein anderes Phänomen/Problem</p>	<i>V: Äh, ich würde einfach einen kurzen Vergleich in einem Experiment (.) versuchen durchzuführen, wo man beobachten kann, ob/ (..) ja, die Hefe beim Wachsen beobachten kann, also quasi bei der (.) Gärung.</i> (V3 Transkript, Abs. 34)	
N/F_2	Frage/Ziel nach Zusammenhang ohne Fachverständnis (oFv)	<p>× formuliert naturwissenschaftlich überprüfbare/s Forschungsfrage/Forschungsziel hinsichtlich eines Zusammenhangs (abhängige und unabhängige Variable) ohne Bezug auf biologisches Fachverständnis</p>	<i>V: Es gibt (.) verschiedene Konstellationsmöglichkeiten, das auszuprobieren.</i> <i>V: Ich würde einfach (..) die Hefe mit verschiedenen Zuckern ansetzen, die Hefe (...) mit Zucker und Mehl ansetzen, mit den verschiedenen Zuckern und Mehl und dann gleichzeitig noch den Vergleich zwischen der Trockenhefe, der abgelaufenen (.) und der frischen/ (.) Frischhefe. (...)</i> (V7 Transkript, Abs. 14 - 16)	
N/F_3	Frage/Ziel nach Zusammenhang mit Fachverständnis (mFv)	<p>× formuliert naturwissenschaftlich überprüfbare/s Forschungsfrage/Forschungsziel hinsichtlich eines Zusammenhangs mit Bezug auf biologisches Fachverständnis</p>	<i>V: Also ja, (Störgeräusch) ja jetzt quasi versuchen diesen Effekt zu erklären, den ich da gesehen hab, (.) uuund (äh) (...)</i> <i>V: Also müsste ich jetzt eine Frage formulieren, (äh) (.) (lacht) Gott (...)</i> [...] <i>V: Wodurch (äh) (.) wird die (.) unterschiedliche (.) Gärgeschwindigkeit verursacht? Würde ich jetzt mal so sagen. (...) (äh) (...) (flüstert mit, was sie schreibt).</i> (V9 Transkript, Abs. 26 - 33)	
N/H	(H) Hypothese (Grube, 2010)	H02 (formuliert Hypothese)		

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
N/H _X	keine Hypothese	<ul style="list-style-type: none"> o formuliert keine Hypothese o formuliert unvollständige Hypothese (beispielsweise ohne kausalem Zusammenhang) o spricht Vermutungen aus, die nicht den Prinzipien einer Hypothese entsprechen o formuliert nicht überprüfbare Hypothese, mit oder ohne Begründung o benennt Variablen nicht oder fehlerhaft bzw. nicht nachvollziehbar 	<i>kein Ankerbeispiel</i>	
N/H _1	Hypothese ohne Begründung	<ul style="list-style-type: none"> × formuliert plausible, naturwissenschaftlich testbare Hypothese ohne Begründung 	<i>V: (Mit?) (...) Zucker (wird?) aktiver sein als ohne Zucker (...) jeweils mit Wasser und (Hefe?). (V10 Transkript, Abs. 124)</i>	
N/H _2	Hypothese ohne Fachverständnis (oFv)	<ul style="list-style-type: none"> × formuliert naturwissenschaftlich testbare Hypothese × nennt Begründung mit Bezug auf korrekte Alltagsanalogien (sinnvoll, aber ohne Bezug auf biologisches Fachverständnis) 	<i>kein Ankerbeispiel</i>	
N/H _3	Hypothese mit Fachverständnis (mFv)	<ul style="list-style-type: none"> × formuliert naturwissenschaftlich testbare Hypothese × nimmt Bezug auf biologisches Fachverständnis 	<i>V: Genau. (äh) So, das war jetzt (..) Hypothese eins, also wenn es sich um Trockenhefe handelt, dann ist die Auftriebgeschwindigkeit/ Auftriebgeschwindigkeit aufgrund der längeren Anlaufphase vor Beginn des Gärprozesses kleiner als bei Frischhefe. (..) (V9 Transkript, Abs. 442)</i>	
P00	Planung (P) (Grube, 2010)			
N/P- MA	Materialauswahl (Meier, 2016)	P06 (wählt Technik aus) Stellt Materialien zusammen Baut Versuchsanordnung auf		
N/P- MA_ X	Materialauswahl nicht nachvollziehbar	<ul style="list-style-type: none"> o wählt Geräte/Materialien aus, ohne die Auswahl zu begründen o benutzt Geräte/Materialien ohne darüber laut zu denken 	<i>V: Nehmen wir als erstes mal die (..) Frischhefe. (V10 Transkript, Abs. 29)</i>	
N/P- MA_ 1	Materialauswahl ohne Abstimmung zum Experiment	<ul style="list-style-type: none"> o wählt unangemessene/ungeeignete Geräte/Materialien aus 	<i>V: Das probiere ich jetzt mal aus.</i> <i>V: Wie funktioniert so ein Gärröhrchen? (V1 Transkript, Abs. 76 - 77)</i>	Die Funktion der Geräte/Materialien wird in Vorversuchen getestet. Es finden mehrere Aufbauveränderungen statt (z. B. die Flüssigkeit wird mehrmals in

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
				das Gärungs- saccharometer gegeben und wieder zurück, weil die Funk- tion nicht be- kannt ist. D03_u (stellt Geräte/Mate- rialien zusam- men) D04_u (baut Versuchsan- ordnung auf/ab)
N/P- MA_ 2	Materialauswahl mit Begründung	<ul style="list-style-type: none"> × wählt angemessene/geeignete Ge- räte/Materialien aus × begründet Auswahl der Ge- räte/Materialien, jedoch OHNE Bezug zum Experiment 	<p><i>Hypothetisch V: "Ich nehme mal hier dieses Gä- rungssaccharometer, weil (...) weil das irgendwie cool ist"</i></p> <p><i>Hypothetisch V: "Dieses Gärungssaccharometer kenne ich noch nicht, des- halb probiere ich das mal aus"</i></p>	Begründung der Auswahl bezieht sich NICHT auf die Funktion der Geräte/Materi- alien für die Beantwortung der For- schungsfrage
N/P- MA_ 3	Materialauswahl mit Begründung und Bezug	<ul style="list-style-type: none"> × wählt angemessene/geeignete Ge- räte/Materialien aus × begründet Auswahl der Ge- räte/Materialien, MIT Bezug zum Ex- periment 	<p><i>SH: "Ah, mit diesem Gä- rungssaccharometer kann ich gut das CO2 auffangen und genau abmessen"</i></p>	Begründung der Auswahl bezieht sich auf die Funktion der Ge- räte/Materia- lien für die Be- antwortung der Forschungs- frage
N/P- VI	Variablenidenti- fizierung (Grube, 2010)	P05 (wählt Werte-Tupel aus) P08a_X (berücksichtigt Homogeni- tätsbedingung)		
N/P- VI_X	keine Planung von Variablen	× nennt keine Variablen		
N/P- VI_1	Planung der AV und/oder UV	<ul style="list-style-type: none"> o nennt die abhängige (zu messen- den) Variable o nennt die Veränderung der unab- hängigen Variable o nennt die abhängige und unabhän- gige Variable 	<p><i>V: Ich erwarte ein/ (.) im Fall von CO2 eine Trübung durch Bildung von Calci- umcarbonat. (V8 Transkript, Abs. 204)</i></p> <p><i>V: (einen?) Tropfen Ge- schirrspülmittel (..) Trop- fen rein. (V10 Transkript, Abs. 591)</i></p> <p><i>V: Hefe, Wasser und dann schauen wir, was da pas- siert. (V10 Transkript, Abs. 130)</i></p>	

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
N/P-VI_2	Planung von Kontrollvariablen/ Homogenitätsbedingungen*	o nennt Kontrollvariablen o nennt die Einhaltung der Homogenitätsbedingungen o nennt die Konstanzhaltung der Versuchsbedingungen	<i>V: Naja, ich muss natürlich darauf achten, dass ich in beide (...) Bechergläser genau die gleiche (Menge Hefe reingebe?). (V8 Transkript, Abs. 80)</i>	*Voraussetzung für diese Niveaustufe: Es muss der Code N/P-VI_1 "Planung der AV und/oder UV" vergeben werden
N/P-VI_3	Planung von Störvariablen und/oder Kontrollexperiment** (Störvariablen: Arnold & Kremer 2012)	o benennt latente Variablen o nennt mögliche Fehler o plant Kontrollexperiment	<i>V: Okay, (.) ich muss natürlich noch einen Kontrollansatz fahren und äh (.) bereite noch einmal den gleichen Ansatz vor, (.) nämlich (.) äh, wo die Temperatur (.) halt konstant bleibt. (V6 Transkript, Abs. 132)</i>	**Voraussetzung für diese Niveaustufe: Es müssen die Codes N/P-VI_1 "Planung der AV und/oder UV" und N/P-VI_2 "Planung von Kontrollvariablen/ Homogenitätsbedingungen" vergeben werden.
N/P-VB	Variablenauswahl/ Variablenbegründung (Meier, 2016)	P05 (wählt Werte-Tupel aus) P08a_X (berücksichtigt Homogenitätsbedingung)		
N/P-VB_X	keine Planung von Variablen	× nennt keine Variable(n) o Auswahl der Variable(n) nicht nachvollziehbar	<i>V: keine Äußerungen zur Auswahl der Variable(n)</i>	
N/P-VB_1	Auswahl ohne Begründung	o benennt abhängige oder unabhängige Variable(n) ohne Begründung	<i>V: Nehmen wir als erstes mal die (.) Frischhefe. (V10 Transkript, Abs. 29)</i>	
N/P-VB_2	Auswahl mit Begründung ohne Bezug zum Experiment	× benennt zu abhängige oder unabhängige Variable(n) × begründet Auswahl der Variable(n) OHNE Bezug zum Experiment	<i>V: Da Honig verschiedene Zucker enthält und (.) ich (.) nicht herausbekommen habe, oder ich nicht versucht habe, welcher Zucker der Hefe am besten schmeckt, nehme ich einfach den Honig. (V10 Transkript, Abs. 96)</i> <i>V: irgendwas dazugeben, was den Viehchern (unv.) nicht bekommt. (..) (V10 Transkript, Abs. 556)</i>	
N/P-VB_3	Auswahl mit Begründung und Bezug zum Experiment	× wählt abhängige oder unabhängige Variable(n) aus × begründet Auswahl der Variable(n), MIT Bezug zum Experiment	<i>V: Nein, Traubenzucker ist am besten, das ist ja/ ja genau, ist direkt Glucose, also genau das, was die Hefen sowieso brauchen als Ausgangsstoff und da müssen die nicht wie bei</i>	

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
			<i>den anderen Zuckern vorher noch irgendwas machen, sondern hier sollte es dann gleich losgehen. (...)</i> (V1 Transkript, Abs. 200)	
N/P-BM	Planung der Beobachtung/Messung (Arnold et al., 2012)	P07a (plant Beobachtung) P07b (plant Messprozedur)		
N/P-BM_X	Keine Planung von Beobachtung/Messung	o nennt keine Aspekte der Beobachtung/Messung o expliziert, dass keine Beobachtung/Messung geplant wird	<i>V: Ich mache ja auch eh gerade keine Zeiterfassung. (...)</i> (V1 Transkript, Abs. 318)	
N/P-BM_1	Planung eines Aspektes der Beobachtung/Messung	o plant/nennt einen oder mehrere Beobachtungs-/Messzeitpunkte (ohne die Dauer und Intervalle zu berücksichtigen) o plant/nennt einen bestimmten Beobachtungs-/Messzeitraum bzw. einen Beobachtungs-/Messzeitpunkt nach einer festgelegten Zeit (Dauer) (ohne die Zeit und Intervalle zu berücksichtigen) o nennt Zeitabstände zwischen mehreren Beobachtungs-/Messzeitpunkten in bestimmten Abständen (ohne die Dauer und Anzahl zu berücksichtigen)	<i>V: Also, ich gucke erst mal, was passiert und äh, lasse die Zeit nebenbei laufen (...) für beide Becher und zwar von dem Einsetzen der Gärung bis zum (...) End/ als bis zum Endpunkt. (...)</i> (V8 Transkript, Abs. 114)	Messzeit: Angabe von einem oder mehreren Messzeitpunkten Messdauer: Angabe eines bestimmten Zeitraumes, in dem gemessen werden soll Messintervall: Angabe der Zeitabstände zwischen mehreren Messzeitpunkten
N/P-BM_2	Planung zweier Aspekte der Beobachtung/Messung	× nennt zwei der (oben beschriebenen) Aspekte der Beobachtung/Messung (Mess-/Beobachtungszeit, -dauer und -intervall)	<i>V: Und dann warte ich jetzt einfach nochmal zehn Minuten oder messe nochmal nach fünfundzwanzig Minuten und nach, weiß nicht genau.</i> (V2 Transkript: 661 - 661)	
N/P-BM_3	Planung aller Aspekte der Beobachtung/Messung	× nennt alle drei Aspekte der (oben beschriebenen) Beobachtung/Messung (Messzeit, -dauer und -intervall)	<i>V: dann stelle ich hier immer einen Timer ein, auf (...) jetzt weiß ich nicht mehr wie die Abstände im Video waren, aber ich glaub, das Maximale waren 20Min. also würde ich vielleicht (...) alle 5Min. vergleichen, wie viel Gas sich gebildet hat, wie viel CO2.</i> (V11 Transkript, Abs. 278)	
N/D	Durchführung (D) (Arnold et al., 2012)			

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
N/D- UmV	Umgang mit Variablen (Grube, 2010)	P05 (wählt Werte-Tupel aus) Aufbauskizze		
N/D- VI_X	kein Umgang mit Variablen	o fertigt keine Versuchsansätze an o beobachtet keine Versuchsansätze/führt keine Messung der Versuchsansätze durch o beobachtet/misst etwas anderes als die abhängige Variable		
N/D- VI_1	Umgang mit AV und/oder UV	o beobachtet/misst die abhängige Variable o verändert die unabhängige Variable		
N/D- VI_2	Umgang mit Kontrollvariable(n)/ Homogenitätsbedingungen	× berücksichtigt Kontrollvariablen × berücksichtigt die Einhaltung der Homogenitätsbedingungen/hält Homogenitätsbedingungen ein × berücksichtigt die Konstanzhaltung der Versuchsbedingungen/hält Versuchsbedingungen konstant		
N/D- VI_3	Berücksichtigung von Störvariable(n) (Störvariablen: Arnold & Kremer 2012)	× berücksichtigt Störvariablen		*Voraussetzung für diese Niveaustufe: Es muss der Code N/P-VI_2 (Planung der AV und UV) vergeben werden.
	Experimentalanlage/ Versuchsanordnung (Graßhoff et al., 2000; Nawrath et al., 2011)	D05 (bestimmt Versuchsansatz) D06_u (fertigt Versuchsansatz an) D08_u (variiert Einflussgröße) Aufbauskizze		
N/D- EA_X	keine Versuchsansätze	× fertigt keine Versuchsansätze an		
N/D- EA_1	kein Differenztest	× fertigt nur einen Versuchsansatz an × fertigt mehrere identische Versuchsansätze an		
N/D- EA_2	Differenztest OHNE Kontrolle	× fertigt mindestens zwei unterschiedliche Versuchsansätze an, OHNE Kontrollansatz		
N/D- EA_3	Differenztest MIT Kontrolle	× fertigt mindestens zwei unterschiedliche Versuchsansätze an, MIT Kontrollansatz		
N/D- BM	Beobachtung/Messung (Arnold et al., 2012)	D10 (führt Messung durch) D13_X (beobachtet Versuchsansatz) Protokoll		
N/D- BM_X	Keine Berücksichtigung von Beobachtungs-/Messzeit, -dauer und -intervall	o führt keine Beobachtung/Messung durch o liest keinen Messwert ab o führt keine Beobachtung der Versuchsansätze durch		Findet zwar eine Beobachtung, aber keine Messung statt, wird

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
				N/D-AV (abhängige Variable) kodiert.
N/D-BM_1	Berücksichtigung von Beobachtungs-/Messzeit oder -dauer oder -intervall	<ul style="list-style-type: none"> o liest eine bestimmte Anzahl von Messwerten ab/beschreibt eine bestimmte Anzahl an Beobachtungen (ohne die Dauer und Intervalle zu berücksichtigen) o liest einen Messwert nach einer festgelegten Zeit (Dauer) ab/beschreibt eine Beobachtung nach einer festgelegten Zeit (Dauer) o liest Messwerte in bestimmten Abständen ab/beschreibt eine Beobachtung in bestimmten Abständen (ohne die Dauer und Anzahl zu berücksichtigen) (ohne die Dauer und Anzahl zu berücksichtigen) 		
N/D-BM_2	Berücksichtig zweier Aspekte (Beobachtungs-/Messzeit, -dauer und / oder -intervall)	× Zwei der Aspekte (Beobachtungs-/Messzeit, -dauer und -intervall) werden durchgeführt		
N/D-BM_3	Berücksichtigung von Beobachtungs-/Messzeit, -dauer und -intervall	× Alle Aspekte (Beobachtungs-/Messzeit, -dauer und -intervall) werden durchgeführt		
N/D-GM	Einsatz der Geräte/Materialien (Meier, 2016)	D04_u (baut Versuchsanordnung auf/ab) Aufbauskizze		
N/D-GM_X	kein Einsatz von Geräten/Materialien	<ul style="list-style-type: none"> o setzt keine Geräten/Materialien ein o Effizienz beim Einsatz von Geräten/Materialien nicht nachvollziehbar 		
N/D-GM_1	fehlerhafter/ineffizienter Einsatz von Geräten/Materialien	<ul style="list-style-type: none"> o verwendet Geräte/Materialien ineffizient und verbessert ihren Einsatz nicht o kennt die Funktion der Geräte/Materialien nicht 		
N/D-GM_2	verbesserter Einsatz von Geräten/ Materialien	<ul style="list-style-type: none"> o verbessert ineffizienten Einsatz von Geräten/Materialien o erkennt Funktion der Geräte durch Ausprobieren 		
N/D-GM_3	korrekter/ effizienter Einsatz von Geräten/Materialien	<ul style="list-style-type: none"> × setzt Geräte/Materialien effizient ein × kennt die Funktion der Geräte 		
N/D-P	Protokollierung			
N/D-PEP	Protokollierung des Experimentierprozesses	G03_X (protokolliert) Protokoll		Beispielsweise zum Zweck der Wiederholbarkeit

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
	(Knaggs & Schneider, 2012, S. 619)			
N/D- PEP_ X	keine Protokollierung des Prozesses	o protokolliert/notiert keine Aspekte des Experimentierprozesses		
N/D- PEP_ 1	unvollständige Protokollierung des Prozesses	o protokolliert/notiert einzelne Aspekte des Experimentierprozesse (z. B. Frage, Hypothese und/oder einzelne Aspekte Planung) o protokolliert/notiert Experimentierprozess unvollständig/lückenhaft		Synonyme: inkomplett, lückenhaft, rudimentär.
N/D- PEP_ 2	unpräzise Protokollierung des Prozesses	x protokolliert/notiert Experimentierprozess komplett (z. B. Frage, Hypothese und alle Aspekte Planung) x protokolliert unpräzise/ungenau (z. B. ohne konkrete quantitative Angaben)		
N/D- PEP_ 3	vollständige, klare Protokollierung des Prozesses	x protokolliert/notiert Experimentierprozess komplett (z. B. Frage, Hypothese und/oder einzelne Aspekte Planung) x protokolliert präzise/klar		
N/D- PdE	Protokollierung der Ergebnisse (Graßhoff et al., 2000; Knaggs & Schneider, 2012, S. 619; Niebert & Gropengießer, 2006)	G03_X (protokolliert) D10b (dokumentiert Messung) D13_u (dokumentiert Beobachtung) D15 (hält Ergebnis fest) Protokoll		
N/D- PdE_ X	keine Protokollierung der Ergebnisse	o fertigt kein Protokoll/keine Notizen an o notiert sich keine Aspekte des Experiments		Nutzt Schreibutensilien beispielsweise für schriftliche Rechenwege aber nicht zur Fixierung und späteren Nutzung.
N/D- PdE_ 1	unvollständige Protokollierung der Ergebnisse	o notiert unsystematisch und unvollständig einzelne Werte der Beobachtung/Messung		
N/D- PdE_ 2	unpräzise Protokollierung der Ergebnisse	o notiert vollständig, aber unsystematisch Werte der Beobachtung/Messung		
N/D- PdE_ 3	vollständige, klare Protokollierung der Ergebnisse	o notiert Mess-/Beobachtungsdaten in einem Graphen o notiert Mess-/Beobachtungsdaten in einer Tabelle		
N/A	(A) Auswertung (Grube, 2010)			
N/A- AB	Aufbereitung (Knaggs & Schneider, 2012, S. 619)	A01_u (organisiert Rohdaten) A05_u (bringt Rohdaten in eine Standardform) A03 (erstellt Tabelle)		Protokoll - A03 (erstellt Tabelle) - A06 (stellt

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
		A06 (stellt Daten graphisch dar) A04_u (führt Berechnung durch) Protokoll		Daten graphisch dar)
N/A- AB_ X	keine Aufbereitung der Daten	o bereitet Daten nicht auf (zeichnet keine Tabelle; zeichnet keinen Graphen; organisiert Daten nicht; bringt Daten nicht in eine Standardform) <i>o beschreibt keine Daten</i>		
N/A- AB_ 1	fehlerhafte Aufbereitung der Daten	o bereitet Daten fehlerhaft auf (zeichnet Tabelle fehlerhaft; zeichnet Graphen fehlerhaft; organisiert Daten fehlerhaft; ...) <i>o beschreibt Daten fehlerhaft</i>		
N/A- AB_ 2	unvollständige Aufbereitung der Daten	o bereitet Daten unklar/unpräzise oder unvollständig auf (z. B. zeichnet Tabelle korrekt, aber unklar/unpräzise oder unvollständig; zeichnet Graphen korrekt, aber unklar/unpräzise oder unvollständig) <i>o beschreibt Daten unklar/unpräzise oder unvollständig</i>		
N/A- AB_ 3	vollständige, klare Aufbereitung der Daten	o bereitet Daten vollständig, gut organisiert, fehlerfrei und klar auf (z. B. zeichnet gut organisierte, klar verständliche Tabelle; zeichnet vollständigen, fehlerfreien Graphen (z. B. Achsen sind richtig beschriftet)) <i>o beschreibt Daten klar verständlich, konkret und akkurat</i>		
N/A- SF	Schlussfolgerung (Grube, 2010; Meier, 2016)	A09_u (berücksichtigt Daten) A10b (deutet Graphen) A13_u (zieht Schlussfolgerung) A14 (erklärt Beziehung zwischen Variablen)		
N/A- SF_X	keine Schlussfolgerung	× nennt keine Schlussfolgerung × erklärt keine Ergebnisse	<i>V: Also ich finde schon, dass auch vom (grad) vom ähm/ (.) vom Stand, dass der Becher mit Trockenhefe/ äh, mit Frischhefe/ also, der Teig ist irgendwie ein bisschen höher und der ist hier mit Trockenhefe noch ein bisschen/ noch ziemlich flach. (V8 Transkript, Abs. 743)</i>	
N/A- SF_1	Schlussfolgerung ohne Bezug	× beschreibt Ergebnisse/Befunde korrekt, ohne Erklärung der Ergebnisse/Schlussfolgerung	<i>kein Ankerbeispiel</i>	
N/A- SF_2	Schlussfolgerung oFV	× beschreibt Ergebnisse/Befunde korrekt × erklärt Ergebnisse/zieht Schlussfolgerung OHNE Bezug auf biologisches Fachverständnis	<i>V: Daraus würde ich schlussfolgern, dass (.) für einen lockeren (..) Boden, (..) oder für einen lockeren Kuchen die Feuchtheife geeigneter ist. (.) Äh (...). (V3Transkript, Abs. 334)</i>	

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
N/A-SF_3	Schlussfolgerung mFV	<ul style="list-style-type: none"> × beschreibt Ergebnisse/Befunde korrekt × erklärt Ergebnisse/zieht Schlussfolgerung MIT Bezug auf biologisches Fachverständnis 	<p><i>V: Ja, es gibt anscheinend eine Minimaltemperatur, die vorhanden sein muss, die zwischen zehn und (...) zweiundzwanzig liegt, wo die (...) Hefe überhaupt/ [...]</i></p> <p><i>V: (unv.) aktiv ist.</i> (V6 Transkript, Abs. 943 - 945)</p>	
N/A-SF_4 +	Generalisierbarkeit/ Sicherheit/ Alternativen			
N/A-RaH	Rückbezug auf Hypothese (Meier, 2016)	<p>A11 (schätzt Übereinstimmung zwischen Evidenz und Vorhersage ein)</p> <p>A21 (widerlegt/falsifiziert Hypothese)</p> <p>A22 (unterstützt/verifiziert Hypothese)</p> <p>ggf. A14 (erklärt Beziehung zwischen Variablen)</p>		
N/A-RaH_X	keine Hypothese	o Hypothese nicht vorhanden		
N/A-RaH_1	kein Bezug auf Hypothese	<ul style="list-style-type: none"> × Hypothese vorhanden × bezieht Ergebnisse nicht auf die Hypothese 		
N/A-RaH_2	ohne Bezug zum Experiment	<ul style="list-style-type: none"> × setzt Ergebnisse mit Hypothese in Verbindung × stellt KEINEN Bezug zum eigenen Experiment her 		
N/A-RaH_3	mit Bezug zum Experiment	<ul style="list-style-type: none"> × setzt Ergebnisse mit Hypothese in Verbindung × stellt Bezug zum eigenen Experiment her 	<p><i>V: dass nun doch das linke Glas eher (...) die Trockenhefe sein könnte und das rechte Glas dann doch, wie ich erst schon vermutet hatte, so äh (.) die abgelaufene.</i> (V2 Transkript: 444 - 444)</p>	KEINE Formulierung neuer Hypothesen, sondern nur direkter Rückbezug auf eine vorher formulierte Hypothese.
N/A-FA	Fehleranalyse/Reflexion (Meier, 2016)	<p>ggf. A15_u (findet Ursache für Ergebnis)</p> <p>A16b (reflektiert Lösung)</p> <p>A17b (überprüft Lösung)</p> <p>A18b (beurteilt Lösung)</p> <p>A18c (findet alternative Lösung)</p>		
N/A-FA_X	keine Fehleranalyse/Reflexion	<ul style="list-style-type: none"> o nicht nachvollziehbar o nennt keine Aspekte zur Reflexion o es liegen keine Fehler im Prozess vor 		
N/A-FA_1	keine Fehler erkannt	× nennt Aspekte zur Fehleranalyse und/oder Reflexion, erkennt jedoch keinen der vorliegenden Fehler in der Ausführung		

ID	Kategorie	Indikatoren LDP/ Operationalisierung	Ankerbeispiele	Hinweise
N/A- FA_2	Fehler erkannt ohne Revision	× erkennt Fehler in der Ausführung × revidiert keinen der Fehler		
N/A- FA_3	Fehler erkannt mit Revision	× erkennt Fehler in der Ausführung × revidiert einen oder mehrere Fehler in der Ausführung		

Anhang 19. Leitfaden für die Weiterentwicklung des Kodiermanuals.

Aufbau des Kodiermanuals

Das Kodiermanual ist aus den folgenden Elementen aufgebaut:

1. Codesystem: Das Codesystem stellt das Gerüst/die Struktur dar und ist die theoretische Basis. Es umfasst entsprechend der sieben Phasen des Modells sieben Kategorien, entsprechend der 10 Teilphasen 10 Teilkategorien und entsprechend der 96 Aspekte 96 Codes.

<i>Theoretisches Modell</i>	<i>Methodische Ausdrucksweise</i>
<i>Phasen</i>	Kategorien
<i>Teilphasen</i>	Teilkategorien
<i>Aspekte</i>	Codes

2. Indikatoren: Die Indikatoren stellen die Operationalisierung der Codes dar. Sie beschreiben „sichtbare“ Merkmale, anhand derer eine Zuordnung des jeweiligen Codes möglich ist.

BEISPIEL

3. Hinweise: Die Hinweise spezifizieren Aspekte der Indikatoren und/oder verweisen auf andere, ähnliche oder alternative Codes.

BEISPIEL

4. Bedeutungen/Definitionen: Die Bedeutungen definieren spezifische Begriffe des Codesystems.

BEISPIEL

Prozess der Weiterentwicklung

Unabhängige Kodierung einer Datenquelle von zwei Ratern

Eine Datenquelle wird unabhängig von zwei Kodierern kodiert.

Berechnung der PÜ auf Codeebene und Sichtung der NÜ (HK)

Es erfolgt eine erste Berechnung der prozentualen Übereinstimmung auf Codeebene durch die den Hauptkodierer_in allein. Als Schwellenwert gilt eine prozentuale Übereinstimmung von PÜ = 80 %. Bei einem Wert von PÜ >80 werden die Nicht-Übereinstimmungen vom Hauptkodierer gesichtet und folgendermaßen kategorisiert:

1. Missverständnis

Ursache für die Nicht-Übereinstimmung ist ein Missverständnis im Kodiermanual oder den Kodierregeln, eine Überarbeitung des Manuals erscheint nicht notwendig.

2. Unklarheit im Kodiermanual

Ursache für die Nicht-Übereinstimmung ist eine Unklarheit im Kodiermanual oder den Kodierregeln, eine Überarbeitung des Manuals erscheint notwendig.

3. Unklarheit im Codesystem

Ursache für die Nicht-Übereinstimmung ist eine Unklarheit im Codesystem. Es erfolgt eine weitere Spezifizierung der Ursachen für die Unklarheit.

Besprechung mit Zweitkodierer_in OHNE Datenmaterial

Es erfolgt eine erste Besprechung mit der_m Zweitkodierer_in.

WICHTIG: Das Datenmaterial wird bei diesem Schritt noch NICHT gesichtet – es dürfen keine Ausschnitte aus dem aktuellen Datenmaterial für die Besprechung herangezogen werden!!!

1. Missverständnis

- Das Missverständnis wird geklärt,
- es erfolgt eine erneute Prüfung des entsprechenden Codes durch den Zweitkodierer
- und ggf. eine Umkodierung der entsprechenden Absätze.

2. Unklarheit im Kodiermanual

- Es erfolgt eine Spezifizierung der Indikatoren, Ankerbeispiele und/oder Hinweise im Kodiermanual.
- Anschließend erfolgt eine erneute Prüfung des entsprechenden Codes durch den Zweitkodierer
- und ggf. eine Umkodierung der entsprechenden Absätze

3. Unklarheit im Codesystem

- Es erfolgt eine weitere Spezifizierung der Ursachen für die Unklarheit.
 - missverständliche Benennung des Codes
 - fehlende Passung des Codes im System
 - Mehrdeutigkeit des Codes (ein Code enthält mehrere Aspekte)
 - Redundanz mehrerer Codes (mehrere Codes enthalten denselben Aspekt)
- Das Codesystem wird entsprechend überarbeitet

Prüfung und ggf. Umkodierung

Die entsprechenden Codes werden vom Zweitkodierer geprüft und ggf. werden Absätze entsprechend der Änderungen umkodiert.

Berechnung der PÜ auf Codeebene

Es erfolgt eine erneute Berechnung der besprochenen Codes. Bei einem Wert von PÜ >70 werden die Nicht-Übereinstimmungen im Kodiererteam diskutiert und mögliche Gründe herausgearbeitet.

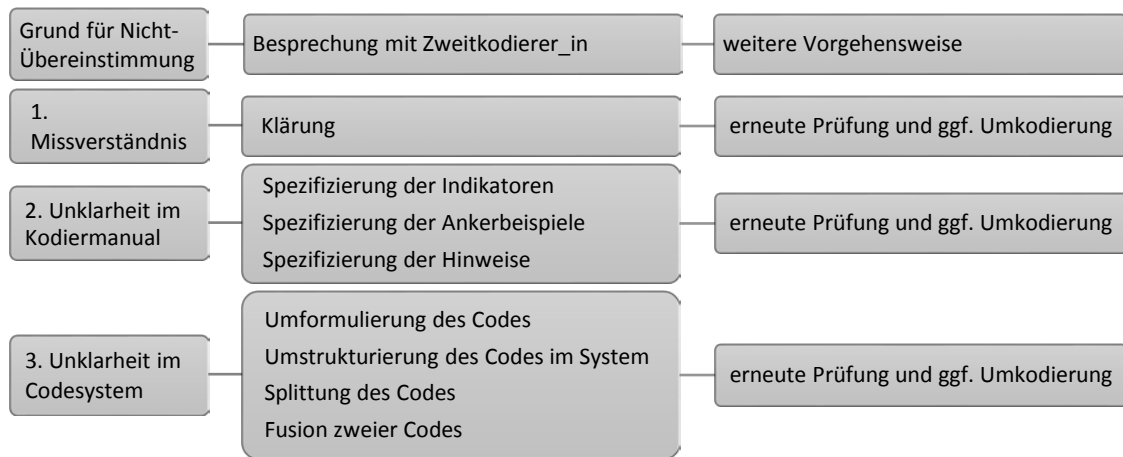
Besprechung mit Zweitkodierer MIT Datenmaterial

Codes mit einem Wert von >80 PÜ werden erneut besprochen. In diesem Durchgang werden systematisch die Nicht-Übereinstimmungen diskutiert und nach den unter 0 genannten Kriterien kategorisiert und ggf. überarbeitet.

Kodierung einer weiteren Datenquelle

Hier beginnt der Prozess erneut. Es werden in diesem Durchgang lediglich die Codes kodiert, welche im Resultat des ersten Durchgangs noch keine Übereinstimmung von <80 % erreicht haben.

Regeln für die Überarbeitung des Kodiermanuals



Anhang 20. Revision des Strukturmodells zum Experimentieren.

E00 Phänomen/Problem

Ursprüngliches Modell		Probleme	Anpassungen	Angepasstes Modell	
ID	Wortlaut			ID	Wortlaut
E02	identifiziert Probleme	nicht abgrenzbar zu E03, E11 und E13	verbunden	E03	beschreibt Phänomen/Problem
E03	definiert Probleme	nicht abgrenzbar zu E02, E11 und E13	verbunden		
E11	formuliert Probleme	nicht abgrenzbar zu E02 und E1	verbunden		
E13	erkennt Phänomen/Problem	nicht abgrenzbar zu E01, E02 und E11	verbunden		
		nicht zuordenbare Absätze in den Transkripten	neue Kategorie generiert	E14X	analysiert Experimentierumgebung

F00 Frage/Ziel

Ursprüngliches Modell		Probleme	Anpassungen	Angepasstes Modell	
ID	Wortlaut			ID	Wortlaut
		nicht zuordenbare Absätze in den Transkripten und Videos	neue Kategorie generiert	F03X	entwickelt/formuliert Zielstellung

H00 Hypothese

Ursprüngliches Modell		Probleme	Anpassungen	Angepasstes Modell	
ID	Wortlaut			ID	Wortlaut
H03	identifiziert abhängige und unabhängige Variablen	nicht abgrenzbar zu H04	verbunden	H03	nennt Variable
H04	wählt Variablen aus	nicht abgrenzbar zu H03	verbunden		
H05	wählt Relation zwischen einer oder mehr Variablen aus		umbenannt	H05	nennt Relation zwischen Variablen
		nicht zuordenbare Absätze in den Transkripten	neue Kategorie generiert	H07X	setzt Hypothese mit Theorie in Verbindung

P00 Design und Planung

Ursprüngliches Modell		Probleme	Anpassungen	Angepasstes Modell	
ID	Wortlaut			ID	Wortlaut
P01	repräsentiert Problem	widerholt schlechte Übereinstimmungswerte/ nicht abgrenzbar zu vielen anderen Aspekten	ausgeschlossen		
P02b	entwirft Systeme	nicht abgrenzbar zu P04	verbunden zu P04 (plant (kontrolliertes) Experiment)		
P04	plant (kontrolliertes) Experiment	nicht abgrenzbar zu untergeordneten Aspekten (P., P.. und P..)/ „kontrolliert“ drückt Qualität aus und wird in den Niveaustufen berücksichtigt	umformuliert und umstrukturiert (übergeordnet)	P04	plant Experiment
		theoriebasiert im Konflikt mit dem Modell (kognitiv vs. handlungsbezogen)	umstrukturiert von D	D02b	operationalisiert Variable
		nicht zuordenbare Absätze in den Transkripten	neue Kategorie generiert	P06a X	wählt Gerät/Material aus
		theoriebasiert im Konflikt mit dem Modell (kognitiv vs. handlungsbezogen)	umstrukturiert von D	D05	bestimmt geeigneten Versuchsansatz
		Abgrenzungsprobleme/ nicht zuordenbare Absätze in den Transkripten	neue Kategorie generiert	D05a X	bestimmt Stammlösung
		Abgrenzungsprobleme/ nicht zuordenbare Absätze in den Transkripten	neue Kategorie generiert	D05b X	bestimmt Einflussgröße
		nicht zuordenbare Absätze in den Transkripten	neue Kategorie generiert		berücksichtigt Homogenitätsbedingungen

		nicht zuordenbare Absätze in den Transkripten	neue Kategorie generiert		berücksichtigt Störvariable
P12	verstehen die Rolle des Kontrollansatzes im Experiment	Operator nicht eindeutig/ Ausdruck für Qualität (in Niveaustufen berücksichtigt)	umbenannt	P12	nennt die Rolle des Kontrollansatzes im Experiment
		nicht zuordenbare Absätze in den Transkripten	neue Kategorie generiert	P07c X	plant Aspekte der Auswertung

D00 Durchführung

Ursprüngliches Modell		Probleme	Anpassungen	Angepasstes Modell	
ID	Wortlaut			ID	Wortlaut
D05	bestimmt geeignete Versuchsansätze	theoriebasiert im Konflikt mit dem Modell (kognitiv vs. handlungsbezogen)	umstrukturiert zu P		
D10	führt Messung durch	umfasst mehrere Aspekte	aufgespalten in D10a und D10b		
D11	führt Berechnungen durch	nicht abgrenzbar zu D09b/ kommt in allen Phasen vor	verbunden zu PÜ3 wendet Mathematik an/ in PÜ (Prozessübergreifend) einsortiert		
D09b	wendet Mathematik während der Untersuchung an	nicht abgrenzbar zu D11/ kommt in allen Phasen vor	verbunden zu PÜ3 wendet Mathematik an/ in PÜ (Prozessübergreifend) umstrukturiert		
D17/ DS03	Beobachten	Wiederholte Nicht-Übereinstimmungen Diskursive Validierung: Beobachtung ist ein Aspekt der Generierung von Daten, vergleichbar zu D10a (liest Messwert ab)	umformuliert und umstrukturiert	D17	beobachtet Versuchsansatz
D12	betrachtet etwas mit dem Mikroskop	siehe D17, Beobachtung ist ein Aspekt der Gene-	umstrukturiert		

		rierung von Daten, vergleichbar zu D10a (liest Messwert ab)			
DS04	Daten sammeln				
D13	beschreibt Beobachtung	nicht abgrenzbar zu D17 (beobachtet Versuchsansatz)	umformuliert und umstrukturiert	D13	dokumentiert Beobachtung
D11	führt Berechnungen durch	nicht abgrenzbar zu D09b/ kommt in allen Phasen vor	verbunden zu PÜ3 wendet Mathematik an/ in Global einsortiert		
D09b	wendet Mathematik während der Untersuchung an	nicht abgrenzbar zu D11/ kommt in allen Phasen vor	verbunden zu PÜ3 wendet Mathematik an/ in Global einsortiert		

A0 Auswertung

0

Ursprüngliches Modell		Probleme	Anpassungen	Angepasstes Modell	
ID	Wortlaut			ID	Wortlaut
AS01	Daten analysieren	Unklar in der Bedeutung	umformuliert/ angepasst an Niveaustufen	AS01	Daten aufbereiten
A01	organisiert Rohdaten	Nicht abgrenzbar zu A02	umstrukturiert (übergeordnet)	A02	verarbeitet Rohdaten
A02	verarbeitet Rohdaten	Nicht abgrenzbar zu A01 und A05	umstrukturiert (untergeordnet)	A01	organisiert Rohdaten
A05	bringt Rohdaten in eine Standardform	Nicht abgrenzbar zu A02	umstrukturiert (untergeordnet)	A05	bringt Rohdaten in eine Standardform
A10b	deutet Graphen	Nicht abgrenzbar zu A13	umstrukturiert (übergeordnet)	A13	zieht Schlussfolgerungen
A13	zieht Schlussfolgerungen	Nicht abgrenzbar zu A10b und A14	umstrukturiert (untergeordnet)	A10b	deutet Graphen
A14	erklärt qualitative/quantitative Beziehungen zwischen Variablen	Nicht abgrenzbar zu A13	umstrukturiert (untergeordnet)	A14	erklärt qualitative/quantitative Beziehungen zwischen Variablen
A15	findet mögliche Ursachen für nicht übereinstimmende Ergebnisse	nicht abgrenzbar zu A07	verbunden	A07	findet mögliche Ursache Ergebnisse
A07	findet Quellen unvermeidlicher Fehler heraus	nicht abgrenzbar zu A15	verbunden		

A00 Prozessübergreifend

Ursprüngliches Modell		Probleme	Anpassungen	Angepasstes Modell	
ID	Wortlaut			ID	Wortlaut
		nicht zuordenbare Absätze in den Transkripten und Videos	neue Kategorie generiert	G0 2d	zieht eigene Aufzeichnungen heran
		Abgrenzungsprobleme zwischen D09b und D11	umformuliert und umstrukturiert	PÜ 3	wendet Mathematik an

In Anhang 20 sind die Aspekte aufgeführt, die im Verlauf der Weiterentwicklung des Kodiermanuals zu den Experimentierprozessen angepasst wurden. Spalte eins zeigt die ursprüngliche Struktur des Modells, die Probleme bei der Kodierung der Daten und der Berechnung der Beurteilerübereinstimmung sind in der zweiten Spalte zusammengefasst, die wesentlichen Anpassungsmaßnahmen in der dritten Spalte und die Struktur des Modells in angepasster Form in der vierten Spalte dargestellt.

Umstrukturierung

Im Prozess der Weiterentwicklung des *Strukturmodells zum Experimentieren* hat sich gezeigt, dass sich die Einordnung kognitiver, analytischer Aspekte in der *Durchführungsphase* als problematisch erweist und sich in einer schlechten Beurteilerübereinstimmung ($k = .37$) zeigt. Die Umstrukturierung dieser kognitiven Aspekte D02b (operationalisiert Variable) und D05 (bestimmt geeigneten Versuchsansatz) in die Planungsphase ergab deutlich bessere Übereinstimmungswerte zwischen den Beurteilern ($\kappa = .67$ und $\kappa = .79$).

Bei vielen Aspekten, die im Prozess der Weiterentwicklung verändert wurden, handelt es sich um das Problem der Abgrenzung zu anderen Aspekten des Modells. Die detaillierte sprachliche Analyse und die Formulierung von Definitionen zeigte, dass diese teilweise deutliche Überschneidungen aufwiesen. In solchen Fällen wurde die Struktur der Aspekte angepasst. Beispielsweise wurden die beiden Aspekte A01 (organisiert Rohdaten) und A05 (bringt Rohdaten in eine Standardform) dem Aspekt A02 (verarbeitet Rohdaten) untergeordnet. Bei zu großen Überschneidungen wurden zwei Kategorien miteinander verbunden, wie im Fall von A07 (findet Quellen unvermeidlicher Fehler heraus) und A15 (findet mögliche Ursachen für nicht übereinstimmende Ergebnisse).

Generierung neuer Aspekte

Die Analyse der Kategorie S00 zeigte, dass einige für das Experimentieren wesentliche Prozesse im Modell nicht enthalten sind. In diesen Fällen wurde theoriebasiert durch Induktion neue Kategorien generiert, wie zum Beispiel H07_X (setzt Hypothese mit Theorie in Verbindung) oder P08a_X (berücksichtigt Homogenitätsbedingungen).

Ausschließen

In einem Fall P01 (repräsentiert Problem) wurde der Aspekt aus dem Modell ausgeschlossen, da er wiederholt zu Abgrenzungsproblemen zu unterschiedlichen anderen Aspekten führte und die Überarbeitung der Indikatoren und Definitionen keine Verbesserung ergab.

Anhang 21. Beurteilerübereinstimmung zur Prozessstruktur/Transkript.

(Fett = Übereinstimmung auf Ebene der Phase, Aggregation aller beinhalteten Aspekte)

Liste der Codes	Anzahl kodier- ter Ein- heiten	Überein- stimmun- gen	Nicht-Über- ein-stim- mungen	Prozentu- ale Über- ein-stim- mung	Kappa
Gesamtes Codesystem	2299	2002	297	87	.87
Phänomen/Problem				82	.78
beobachtet Phänomen/Problem	6	6	0	100	.1
beschreibt Phänomen/Problem	4	4	0	100	.1
versteht und charakterisiert Phäno- men/Problem				77	.70
setzt Sachverhalte in Beziehung	27	20	7	74	.65
zerlegt komplexes PhP in TeilPhP	0	0	0	100	.1
wählt Darstellungsform	0	0	0	100	.1
Übersetzt gegebene Informationen in fachspezifische Kontexte	0	0	0	100	.1
				86	.82
Frage	7	6	1	86	.81
formuliert Forschungsfrage	3	2	1	67	.56
formuliert Forschungsziel	4	4	0	100	.1
Klärt gegebene Fragestellung	0	0	0	100	.1
				83	.80
Hypothese	69	56	13	81	.75
formuliert Hypothese	45	38	7	84	.79
nennt Variable	31	28	3	90	.87
prüft die Plausibilität der Hypothese	0	0	0	100	.1
setzt Hypothese mit Theorie in Ver- bindung	7	4	3	57	.43
				88	.87
Planung	20	20	0	100	.1
identifiziert eine Art von Experimen- ten	0	0	0	100	.1
wählt eine Art von Experimenten aus	0	0	0	100	.1
plant Experiment				86	.84
operationalisiert Variable	24	18	6	75	.67
wählt Werte-Tupel aus	13	10	3	77	.69
wählt Technik aus	20	14	6	70	.60
wählt Gerät/Material aus	2	2	0	100	.1
bestimmt geeigneten Versuchs- ansatz	26	22	4	85	.79
bestimmt Stammlösung	74	64	10	86	.82
bestimmt Einflussgröße	72	60	12	83	.78
berücksichtigt Homogenitätsbedin- gung	39	30	9	77	.69
berücksichtigt Störvariable	0	0	0	100	.1

Liste der Codes	Anzahl kodier- ter Ein- heiten	Überein- stimmun- gen	Nicht-Über- ein-stim- mungen	Prozentu- ale Über- ein-stim- mung	Kappa
entwirft Kontrollansatz	29	28	1	97	.95
plant Beobachtung	18	18	0	100	.1
plant Messprozedur	26	26	0	100	.1
sagt Ergebnis vorher	0	0	0	100	.1
überprüft Eignung des Experiments	0	0	0	100	.1
überprüft Vollständigkeit des Experimententwurfs	0	0	0	100	.1
plant Aspekte der Auswertung	2	2	0	100	.1
Durchführung				84	.83
Vorbereiten				83	.81
stellt Materialien/Geräte zusammen	20	16	4	80	.73
fertigt Versuchsansatz an	0	0	0	100	.1
fertigt Stammlösung an	54	40	14	74	.65
bereitet die Einflussgröße vor	20	16	4	80	.73
baut Versuchsanordnung auf oder ab	16	12	4	75	.67
nutzt [technisches] Gerät/Apparatur	65	60	5	92	.90
Daten generieren				89	.86
variiert Einflussgröße	0	0	0	100	.1
führt Messung durch	28	26	2	93	.90
beobachtet Versuchsansatz	19	16	3	84	.79
nutzt [technisches] Gerät/Apparatur	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Daten sammeln				100	.1
dokumentiert Messung	10	10	0	100	.1
dokumentiert Beobachtung	0	0	0	100	.1
hält Ergebnis fest	0	0	0	100	.1
Auswertung				86	.85
Analyse				100	.1
bringt Rohdaten in eine Standardform	0	0	0	100	.1
erstellt Tabelle	8	8	0	100	.1
stellt Daten graphisch dar	0	0	0	100	.1
führt Berechnung durch	0	0	0	100	.1
Interpretation				91	.88
berücksichtigt Daten	0	0	0	100	.1
zieht Schlussfolgerung	11	10	1	91	.88
deutet Graphen	0	0	0	100	.1
erklärt Beziehung zwischen Variablen	0	0	0	100	.1
Evaluation				85	.84
evaluiert Ergebnis				83	.80
reflektiert Ergebnis	2	2	0	100	.1

Liste der Codes	Anzahl kodier- ter Ein- heiten	Überein- stimmun- gen	Nicht-Über- ein-stim- mungen	Prozentu- ale Über- ein-stim- mung	Kappa
überprüft Ergebnis	5	4	1	80	.73
findet Ursache für Ergebnis	15	12	3	80	.73
beurteilt Ergebnis	2	2	0	100	.1
evaluiert Lösung				86	.82
reflektiert Lösung	29	24	5	83	.77
überprüft Lösung	0	0	0	100	.1
beurteilt Lösung	24	22	2	92	.89
findet alternative Lösung	24	20	4	83	.78
bestimmt Genauigkeit der Daten	4	4	0	100	.1
benennt Einschränkung [die dem Experiment unterliegt]	5	4	1	80	.73
beurteilt Einschränkung	0	0	0	100	.1
Hypothesenbezug				78	.74
schätzt Übereinstimmung zwischen Evidenz und Vorhersage ein	8	6	2	75	.67
falsifiziert Hypothese	2	2	0	100	.1
verifiziert Hypothese	11	8	3	73	.64
generiert weitere Hypothese	2	2	0	100	.1
formuliert alte Hypothese neu	0	0	0	100	.1
Kommunikation/Anwendung				94	.93
Kommunikation	0	0	0	100	X
wählt Medium zur Kommunikation der Lösung aus	0	0	0	100	.1
begründet Ergebnis	0	0	0	100	.1
präsentiert Ergebnis	0	0	0	100	.1
kommuniziert Lösung	0	0	0	100	.1
kommuniziert Fehlerquellen	0	0	0	100	.1
Anwendung	X			94	.93
wendet mathematische Methoden an, um Vorhersagen zu treffen	0	0	0	100	.1
koordiniert Theorie und Beweise	2	2	0	100	.1
ordnet Lösung in Zusammenhang ein	0	0	0	100	.1
schlägt Idee zur weiteren Nachforschung vor	2	2	0	100	.1
definiert neues Problem	0	0	0	100	.1
formuliert neue Frage	0	0	0	100	.1
formuliert neue Hypothese	0	0	0	100	.1
macht Vorhersage auf Basis der Ergebnisse	0	0	0	100	.1
plant neues Experiment	132	124	8	94	.92
wendet Labormethode an	0	0	0	100	.1
prüft Hypothese erneut	0	0	0	100	.1
Prozessübergreifend	713			79	.76
analysiert Experimentierumgebung	22	18	4	82	.76
recherchiert	0			84	.80

Liste der Codes	Anzahl kodierter Einheiten	Übereinstimmungen	Nicht-Übereinstimmungen	Prozentuale Übereinstimmung	Kappa
zieht Informationsquelle heran	141	116	25	82	.76
verstehet Text, etc.	12	10	2	83	.78
zieht eigene Aufzeichnungen heran	20	20	0	100	.1
zieht Vorwissen heran	20	16	4	80	.73
zieht Experimentierergebnis heran	0	0	0	100	.1
protokolliert	80	60	20	75	.67
wendet Mathematik an	13	10	3	77	.69
Umgang mit Fehlern/Problemen	183	138	45	75	.67
Sonstiges	31	26	5	84	.78
nicht zuordenbar	107	88	19	82	.76
(unv.)	12	12	0	100	.1
Kein lautes Denken	563	546	17	97	.96
Andere Äußerungen				100	.1
kommentiert Prozess	/	/	/	/	/
säubert/räumt auf	/	/	/	/	/
Bemerkungen zum Lauten Denken	2	2	0	100	.1
Bemerkungen zur Aufgabenbearbeitung	0	0	0	100	.1
Schulkontext	0	0	0	100	.1
Alltagskontext	0	0	0	100	.1

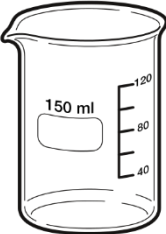
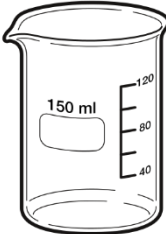
Liste der Codes	Anzahl kodierter Einheiten	Übereinstimmungen	Nicht-Übereinstimmungen	Prozentuale Übereinstimmung	Kappa
Abfolge der Experimente				90	.89
Übergeordnet/Allgemein	262	194	68	74	.65
Vorversuche	0	0	0	100	.1
Experimente				87	.85
Experiment 1	527	486	59	89	.85
Versuchsansatz 1	75	86	7	91	.88
Versuchsansatz 2	53	40	13	75	.67
Experiment 2	126	102	24	81	.75
Versuchsansatz 1	21	20	1	95	.94
Versuchsansatz 2	21	18	3	86	.81
weiterführende Überlegungen	183	174	9	95	.93
Experiment nicht zuordenbar	678	664	14	98	.97
Gesamt	1946	1748	198	90	.89

Anhang 22. Beurteiler-Übereinstimmung zur Prozessstruktur/Video.


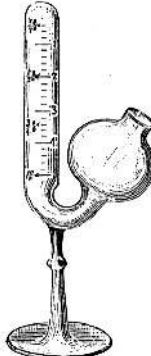
<i>Code</i>	<i>Prozentuale Übereinstimmung</i>
<i>nicht zuordenbar</i>	90,30
<i>beobachtet Phänomen/Problem</i>	100,00
<i>analysiert Experimentierumgebung</i>	67,50
<i>analysiert System</i>	20,00
<i>stellt Materialien/Geräte zusammen</i>	81,55
<i>baut Versuchsanordnung auf oder ab</i>	63,74
<i>fertigt Versuchsansatz an</i>	90,32
<i>fertigt Stammlösung an</i>	87,91
<i>bereitet die Einflussgröße vor</i>	82,42
<i>nutzt [technisches] Gerät/Apparatur</i>	88,89
<i>führt Messung durch</i>	0,00
<i>beobachtet Versuchsansatz</i>	77,23
<i>Umgang mit Fehlern/Problemen</i>	84,85
<i>recherchiert</i>	95,03
<i>zieht Informationsquelle heran</i>	91,21
<i>protokolliert</i>	93,11
<i>Sonstiges</i>	53,85
	84,76

Anhang 23. Beispiel Aufbauskitze/Proband_in V8.


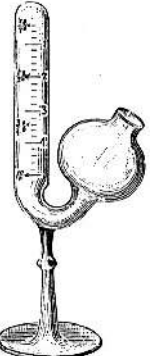
Experiment 1

	
1,6g Frischhefe	1,6g Frischhefe
5 ml Wasser	5 ml Wasser
2 Löffel Glucose	2 Löffel Fructose

*Ansätze wurden verworfen

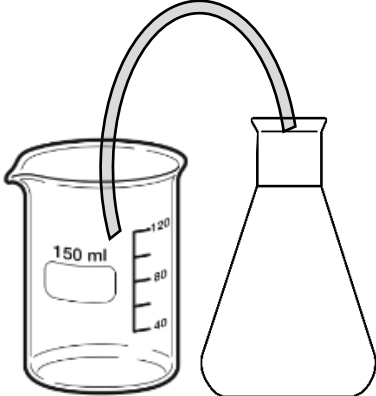
	
1,g Frischhefe	1,g Frischhefe
Auf 10 ml Wasser	Auf 10 ml Wasser
3g Glucose	3g Fructose

Experiment 3

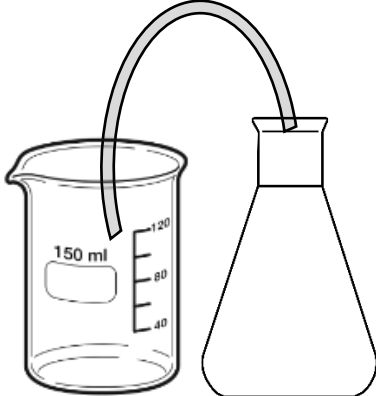
	
50g Mehl	50g Mehl
4,2g Frischhefe	1,8g Trockenhefe
20ml Wasser	20ml Wasser

*KEIN Zucker

Experiment 2

	
Kalkwasser	1g Frischhefe + 5g Frischhefe
	10ml Wasser
	3g Glucose

Experiment 4

	
Kalkwasser	6g Frischhefe
	10ml Wasser
	3g Stevia

Anhang 24. Beispiel Laborprotokoll/Proband_in V1.

10 ml Wasser + 25.22g Hefe frisch

Gärungscharakter: 7 ml

1.0g Hefe + 10 ml H₂O + 5g Traubenzucker

(2) 10 ml = 25.22g Frischhefe → 8 ml H₂O

+ 9.99g Traubenzucker

Ausgabe 2

t: 30' 41.5 ml wie abgelesen

33' 4.8 ml

35' 5.0 ml

→ 4.4 ml 30'

→ 4.7 ml 33'

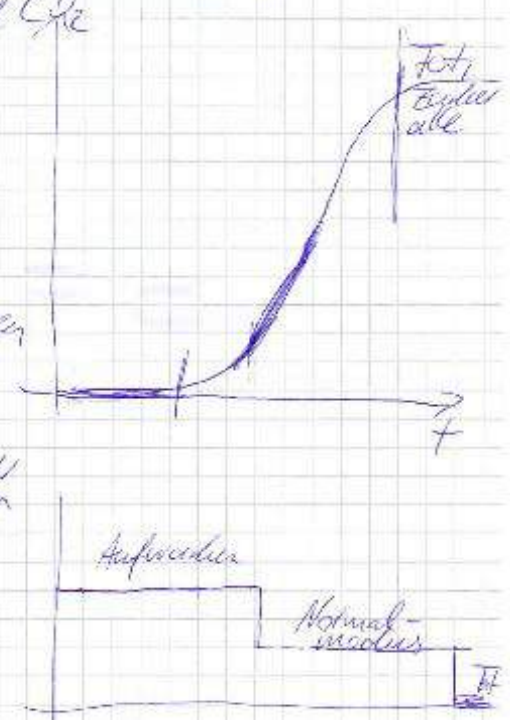
→ 4.9 ml 35'

20.3 ml/min
30.2 ml/12 min

Ausgabe 1

Minuten → 0.1 ml CO₂

38 min	52 ml ml CO ₂
~ 39'	0,5 ml
(- 35')	0,6 ml
(3) 43	1 ml
(3) 46	1,2 ml 2. v. alle
(3) 49	1,4 ml } Glasen
23' 51 30	1,6 ml
25' 53 47	1,8 ml (Vollig Glasen)
27' 55 55	2,0 ml
29' 58 32	2,2 ml
130' 1 04	2,4 ml



Anhang 25. Häufigkeit und Verteilung kodierter Einheiten.

Auf Ebene der Aspekte aufgeschlüsselt nach Datenquelle; Vid=Videos; Tra=Transkripte; Pro=Protokolle; Aski=Aufbauskizzen; SUM=Summe.

Codesystem	Vid	Tra	Pro	Aski	SUM
Phänomen/Problem	0	0	0	0	0
\beobachtet Phänomen/Problem	88	39	0	0	127
\beschreibt Phänomen/Problem	0	29	0	0	29
\versteht und charakterisiert Phänomen/Problem	0	0	0	0	0
\\setzt Sachverhalte in Beziehung	0	71	0	0	71
\\zerlegt komplexes PhP in TeilPhP	0	0	0	0	0
\wählt Darstellungsform	0	0	0	0	0
\übersetzt Informationen in fachspezifische Kontexte	0	0	0	0	0
					0
Frage/Ziel	0	43	0	0	43
\formuliert Forschungsfrage	0	100	5	0	105
\formuliert Forschungsziel	0	88	0	0	88
\klärt gegebene Fragestellung	0	0	0	0	0
					0
Hypothese	0	55	0	0	55
\formuliert Hypothese	0	49	8	0	57
\nennt Variable	0	17	8	0	25
\prüft die Plausibilität der Hypothese	0	2	0	0	2
\setzt Hypothese mit Theorie in Verbindung	0	15	0	0	15
					0
Planung	0	67	0	0	67
\identifiziert eine Art von Experimenten	0	6	0	0	6
\wählt eine Art von Experimenten aus	0	6	0	0	6
\plant Experiment	0	4	0	0	4
\\operationalisiert Variable	0	30	0	0	30
\\wählt Werte-Tupel aus	0	29	12	0	41
\\wählt Technik aus	0	148	3	0	151
\\wählt Gerät/Material aus	0	60	1	0	61
\\bestimmt geeigneten Versuchsansatz	0	113	17	0	130
\\bestimmt Stammlösung	0	273	6	0	279
\\bestimmt Einflussgröße	0	234	3	0	237
\\berücksichtigt Homogenitätsbedingung	0	77	0	0	77
\\berücksichtigt Störvariable	0	40	0	0	40
\\entwirft Kontrollansatz	0	22	4	0	26
\\plant Beobachtung	0	57	0	0	57
\\plant Messprozedur	0	115	0	0	115
\sagt Ergebnis vorher	0	34	0	0	34
\überprüft Eignung des Experiments	0	3	0	0	3
\überprüft Vollständigkeit des Experimententwurfs	0	7	0	0	7
\plant Aspekte der Auswertung	0	4	0	0	4
					0
Durchführung	2	5	0	0	7
\Vorbereiten	0	4	0	0	4
\\stellt Materialien/Geräte zusammen	255	23	0	0	278

11 Anhang

Codesystem	Vid	Tra	Pro	Aski	SUM
\\fertigt Versuchsansatz an	547	169	0	0	716
\\\fertigt Stammlösung an	688	115	0	0	803
\\\bereitet die Einflussgröße vor	406	180	0	0	586
\\baut Versuchsordnung auf oder ab	611	292	0	0	903
\\nutzt [technisches] Gerät/Apparatur	453	113	0	0	566
\\Daten generieren	0	0	0	0	0
\\variiert Einflussgröße	0	2	0	16	18
\\führt Messung durch	16	178	0	0	194
\\beobachtet Versuchsansatz	1390	473	0	0	1863
\\nutzt [technisches] Gerät/Apparatur	4	129	0	0	133
\\Daten sammeln	0	0	0	0	0
\\dokumentiert Messung	1	26	14	0	41
\\dokumentiert Beobachtung	0	27	7	0	34
\\hält Ergebnis fest	0	0	1	0	1
					0
Auswertung	0	5	0	0	5
\\Analyse	0	0	0	0	0
\\bringt Rohdaten in eine Standardform	0	4	1	0	5
\\erstellt Tabelle	0	12	9	0	21
\\stellt Daten graphisch dar	0	52	15	0	67
\\führt Berechnung durch	0	25	6	0	31
\\Interpretation	0	0	0	0	0
\\berücksichtigt Daten	0	6	2	0	8
\\zieht Schlussfolgerung	0	103	8	0	111
\\deutet Graphen	0	3	1	0	4
\\erklärt Beziehung zwischen Variablen	0	40	2	0	42
\\Evaluation	0	0	0	0	0
\\evaluiert Ergebnis	0	0	0	0	0
\\reflektiert Ergebnis	0	51	0	0	51
\\überprüft Ergebnis	0	4	0	0	4
\\findet Ursache für Ergebnis	0	51	0	0	51
\\beurteilt Ergebnis	0	39	0	0	39
\\evaluiert Lösung	0	0	0	0	0
\\reflektiert Lösung	0	157	1	0	158
\\überprüft Lösung	0	33	0	0	33
\\beurteilt Lösung	0	37	0	0	37
\\findet alternative Lösung	0	38	0	0	38
\\bestimmt Genauigkeit der Daten	0	6	0	0	6
\\benennt Einschränkung [die dem Experiment unterliegt]	0	41	1	0	42
\\beurteilt Einschränkung	0	3	0	0	3
\\Hypothesenbezug	0	2	0	0	2
\\schätzt Übereinstimmung zwischen Evidenz und Vorhersage ein	0	14	0	0	14
\\falsifiziert Hypothese	0	4	0	0	4
\\verifiziert Hypothese	0	14	0	0	14
\\generiert weitere Hypothese	0	2	0	0	2
\\formuliert alte Hypothese neu	0	0	0	0	0
					0
Kommunikation/Anwendung	0	0	0	0	0

Codesystem	Vid	Tra	Pro	Aski	SUM
\Kommunikation	0	0	0	0	0
\\wählt Medium zur Kommunikation der Lösung aus	0	0	0	0	0
\\begründet Ergebnis	0	0	0	0	0
\\präsentiert Ergebnis	0	0	0	0	0
\\kommuniziert Lösung	0	1	0	0	1
\\kommuniziert Fehlerquellen	0	0	0	0	0
\Anwendung	0	0	0	0	0
\\wendet mathematische Methoden an, um Vorhersagen zu treffen	0	0	0	0	0
\\koordiniert Theorie und Beweise	0	1	0	0	1
\\ordnet Lösung in Zusammenhang ein	0	0	0	0	0
\\schlägt Idee zur weiteren Nachforschung vor	0	39	0	0	39
\\definiert neues Problem	0	3	0	0	3
\\formuliert neue Frage	0	10	0	0	10
\\formuliert neue Hypothese	0	0	0	0	0
\\macht Vorhersage auf Basis der Ergebnisse	0	11	0	0	11
\\plant neues Experiment	0	35	0	0	35
\\wendet Labormethode an	0	0	0	0	0
\\prüft Hypothese erneut	0	0	0	0	0
					0
Prozessübergreifend	0	0	0	0	0
\analysiert Experimentierumgebung	750	247	0	0	997
\recherchiert	0	0	0	0	0
\\zieht Informationsquelle heran	637	476	0	0	1113
\\versteht Text, etc.	0	90	1	0	91
\\zieht eigene Aufzeichnungen heran	202	20	0	0	222
\\zieht Vorwissen heran	0	161	0	0	161
\\zieht Experimentierergebnis heran	0	1	0	0	1
\protokolliert	691	226	7	0	924
\wendet Mathematik an	0	33	8	0	41
\Umgang mit Fehlern/Problemen	60	500	1	0	561
\\Verfahren	15	378	0	0	393
\\Methode	1	163	1	0	165
\\Inhalt	0	63	0	0	63
					0
Sonstiges	41	33	0	0	74
\nicht zuordenbar	974	511	0	0	1485
\\(unv.)	0	252	0	0	252
\Kein lautes Denken	0	2859	0	0	2859
\Andere Aspekte	0	0	0	0	0
\\kommentiert Prozess	0	96	0	0	96
\\säubert/räumt auf	245	44	0	0	289
\\Bemerkungen zum Lauten Denken	0	24	0	0	24
\\Bemerkungen zur Aufgabenbearbeitung	0	12	0	0	12
\\Schulkontext	0	18	0	0	18
\\Alltagskontext	0	16	0	0	16
SUMME	8077	10642	153	16	18888

Anhang 26. Verteilung der kodierten Einheiten auf die einzelnen Phasen/Vergleich aller Proband_innen.

Anzahl kodierter Einheiten je Phase, alle Proband_innen im Vergleich.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	SUM
Phänomen/ Problem	63	31	7	8	13	29	10	26	25	9	6	227
Frage/Ziel	35	4	4	43	51	53	2	18	8	13	5	236
Hypothese	6	10	0	4	8	13	0	12	101	0	0	154
Planung	117	111	60	161	208	153	41	135	205	72	112	1375
Durchführung	888	208	338	718	1173	591	91	676	552	714	198	6147
Auswertung	174	68	19	53	203	88	18	46	80	24	19	792
Kommunikation/Anwendung	24	1	0	2	22	13	0	0	36	0	2	100
Prozessübergreifend	962	322	175	409	704	562	42	381	777	171	227	4732
Sonstiges	419	230	235	535	930	668	136	480	581	615	296	5125
SUMME	2688	985	838	1933	3312	2170	340	1774	2365	1618	865	18888

Prozentuale Verteilung kodierter Einheiten je Phase, alle Proband_innen im Vergleich.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	SUM
Phänomen/ Problem	28%	14%	3%	4%	6%	13%	4%	11%	11%	4%	3%	100%
Frage/Ziel	15%	2%	2%	18%	22%	22%	1%	8%	3%	6%	2%	100%
Hypothese	4%	6%	0%	3%	5%	8%	0%	8%	66%	0%	0%	100%
Planung	9%	8%	4%	12%	15%	11%	3%	10%	15%	5%	8%	100%
Durchführung	14%	3%	5%	12%	19%	10%	1%	11%	9%	12%	3%	100%
Auswertung	22%	9%	2%	7%	26%	11%	2%	6%	10%	3%	2%	100%
Kommunikation/Anwendung	24%	1%	0%	2%	22%	13%	0%	0%	36%	0%	2%	100%
Prozessübergreifend	20%	7%	4%	9%	15%	12%	1%	8%	16%	4%	5%	100%
Sonstiges	8%	4%	5%	10%	18%	13%	3%	9%	11%	12%	6%	100%

Prozentuale Verteilung kodierter Einheiten je Proband_in, alle Phasen im Vergleich.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
Phänomen/ Problem	2,3%	3,1%	0,8%	0,4%	0,4%	1,3%	2,9%	1,5%	1,1%	0,6%	0,7%
Frage/Ziel	1,3%	0,4%	0,5%	2,2%	1,5%	2,4%	0,6%	1,0%	0,3%	0,8%	0,6%
Hypothese	0,2%	1,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,6%	0,0%	0,7%	4,3%	0,0%	0,0%
Planung	4,4%	11,3%	7,2%	8,3%	6,3%	7,1%	12,1%	7,6%	8,7%	4,4%	12,9%
Durchführung	33,0%	21,1%	40,3%	37,1%	35,4%	27,2%	26,8%	38,1%	23,3%	44,1%	22,9%
Auswertung	6,5%	6,9%	2,3%	2,7%	6,1%	4,1%	5,3%	2,6%	3,4%	1,5%	2,2%
Kommunikation/Anwendung	0,9%	0,1%	0,0%	0,1%	0,7%	0,6%	0,0%	0,0%	1,5%	0,0%	0,2%
Prozessübergreifend	35,8%	32,7%	20,9%	21,2%	21,3%	25,9%	12,4%	21,5%	32,9%	10,6%	26,2%
Sonstiges	15,6%	23,4%	28,0%	27,7%	28,1%	30,8%	40,0%	27,1%	24,6%	38,0%	34,2%
SUMME	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

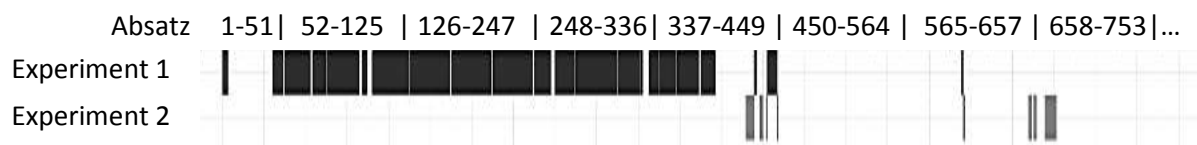
Anhang 27. Codelines Abfolge der Experimente.

In der ersten Zeile ist jeweils die Nummerierung der Absätze im Transkript angegeben; die Balken stellen je einen kodierten Absatz im Transkript dar, die Breite der Balken spiegelt die Länge des Absatzes (Anzahl der Zeichen) wieder; *V5 und V11 haben jeweils nur ein Experiment durchgeführt, aus diesem Grund wurde die Abfolge der Experimente nicht kodiert.

V1



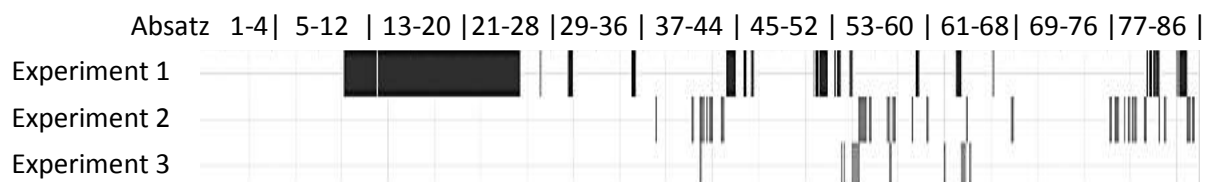
V2



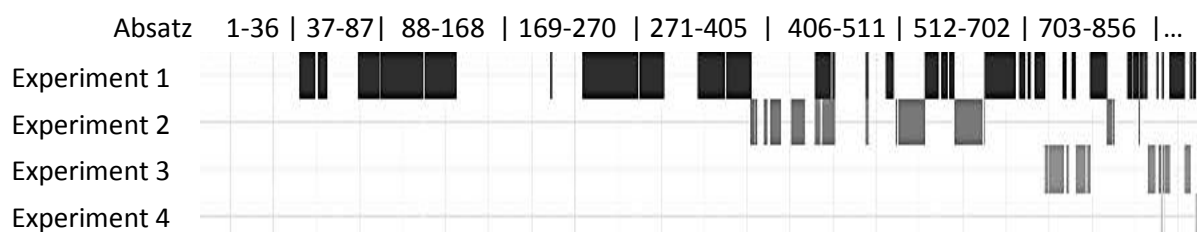
V3



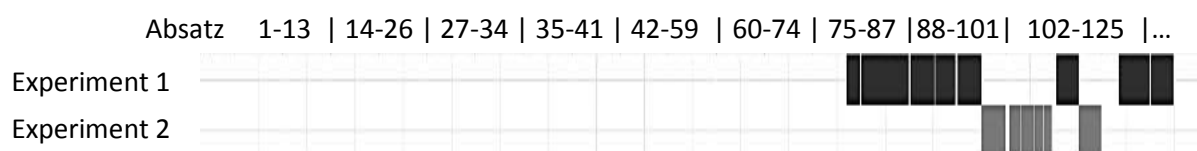
V4



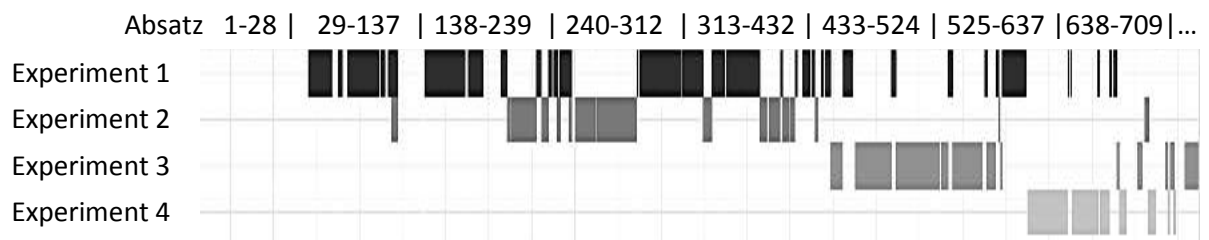
V6



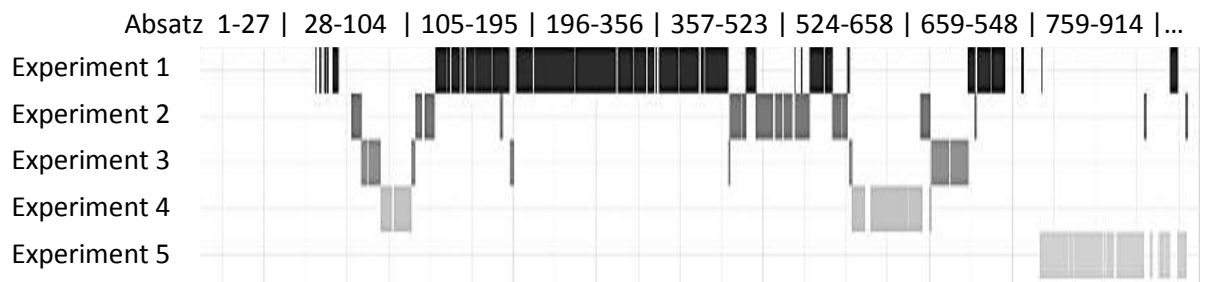
V7



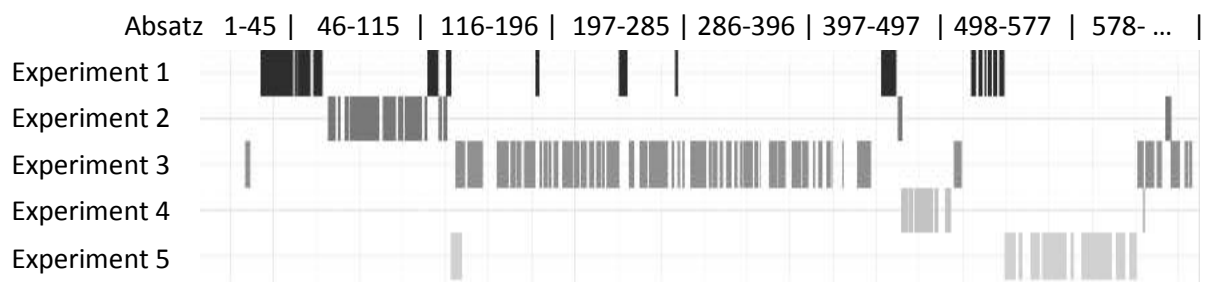
V8



V9



V10



Anhang 28. Prozessmuster.

Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung;

a,b,c,...=Verlauf des Experiments nach Prozessänderung;
 1,2,3,...=Experiment 1,2,3,...;
 Hochgestellte Zahlen^{x,1,2,3}=Niveaustufe der jeweiligen Phase;

Bedeutung der Pfeile:

- a Einfacher, linearer Phasenwechsel
- b Einfach oszillierender Phasenwechsel
- c Mehrfach oszillierender Phasenwechsel
- c Einfacher, linearer Experimentwechsel
- d Einfach oszillierender Experimentwechsel
- e Mehrfach oszillierender Experimentwechsel

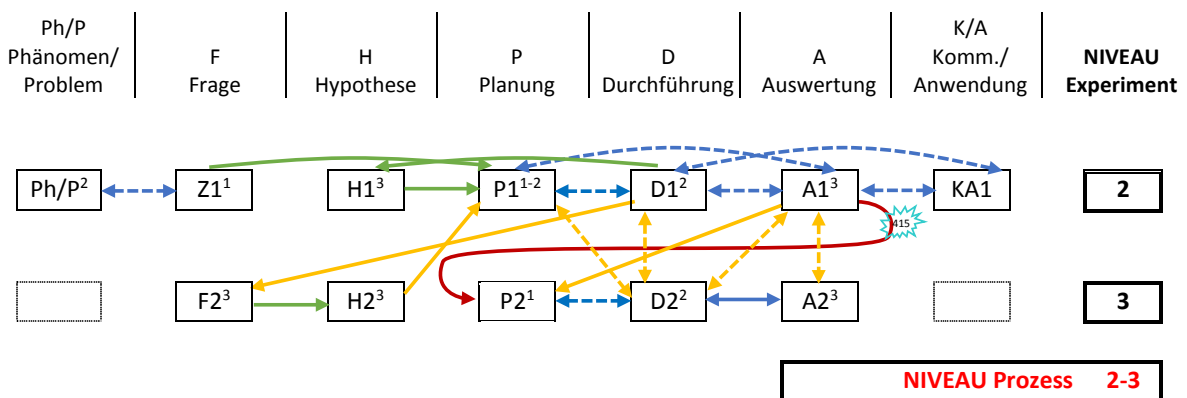
Phase wurde durchlaufen; Phase wurde nicht durchlaufen; Phase wurde verworfen

Prozessänderung aufgrund eines Problems/Fehlers;

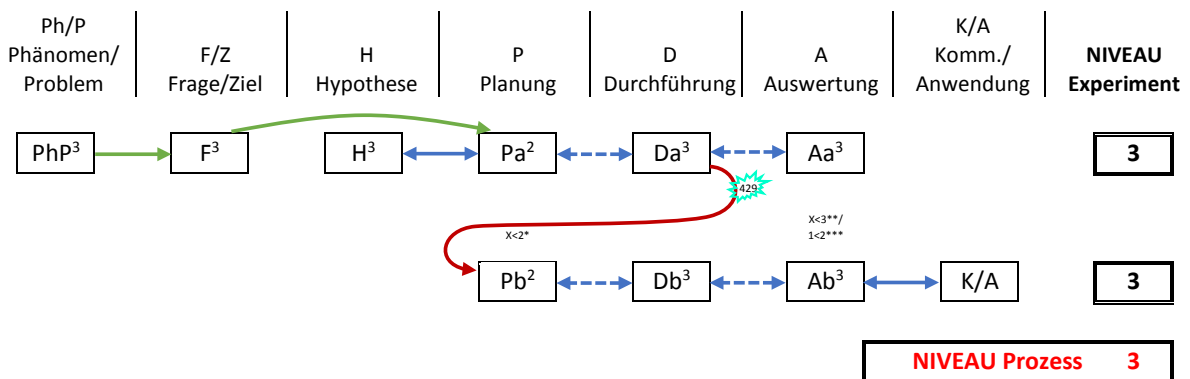
Prozessänderung aufgrund einer Erkenntnis;

Auslöser für Prozessänderung nicht nachvollziehbar;

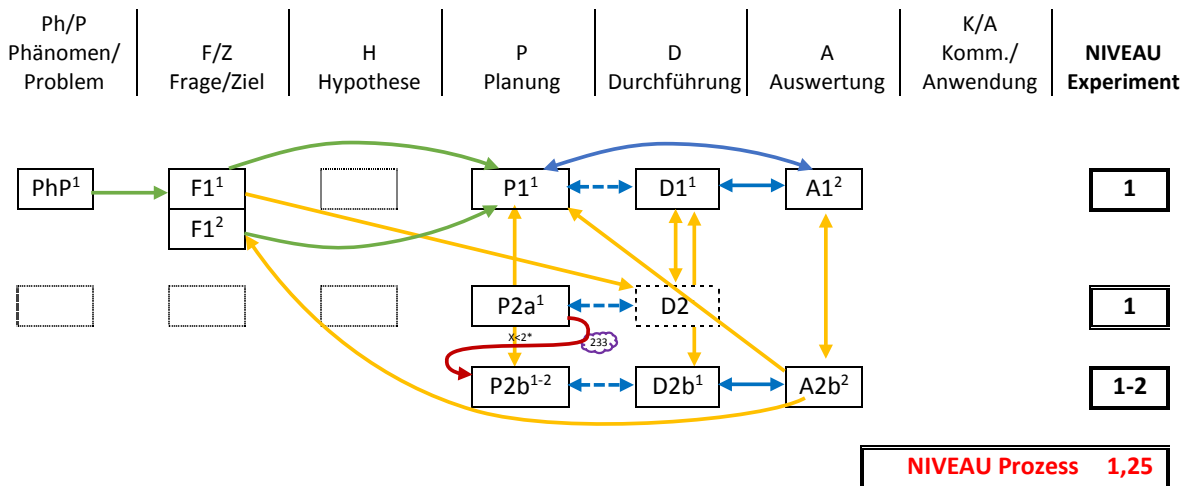
V1



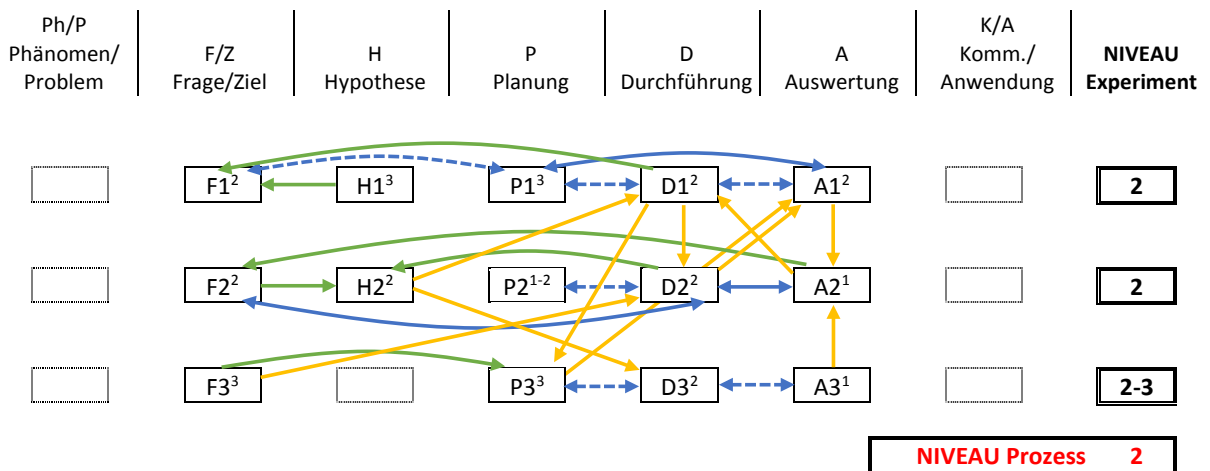
V2



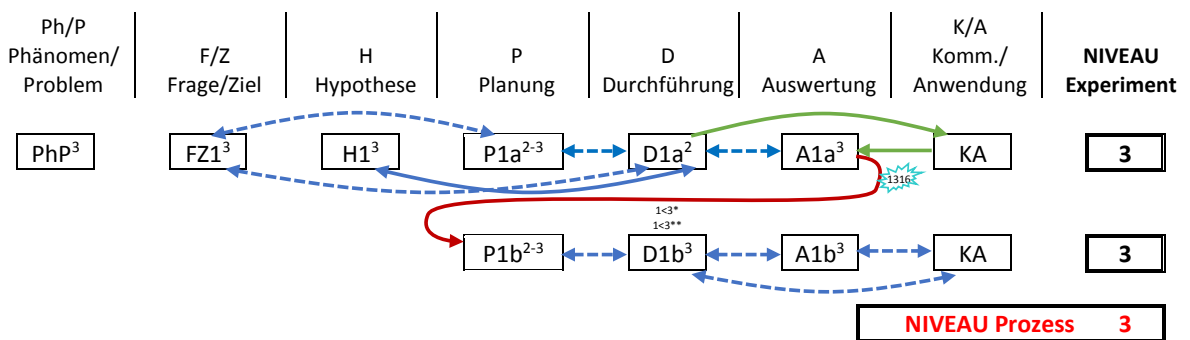
V3



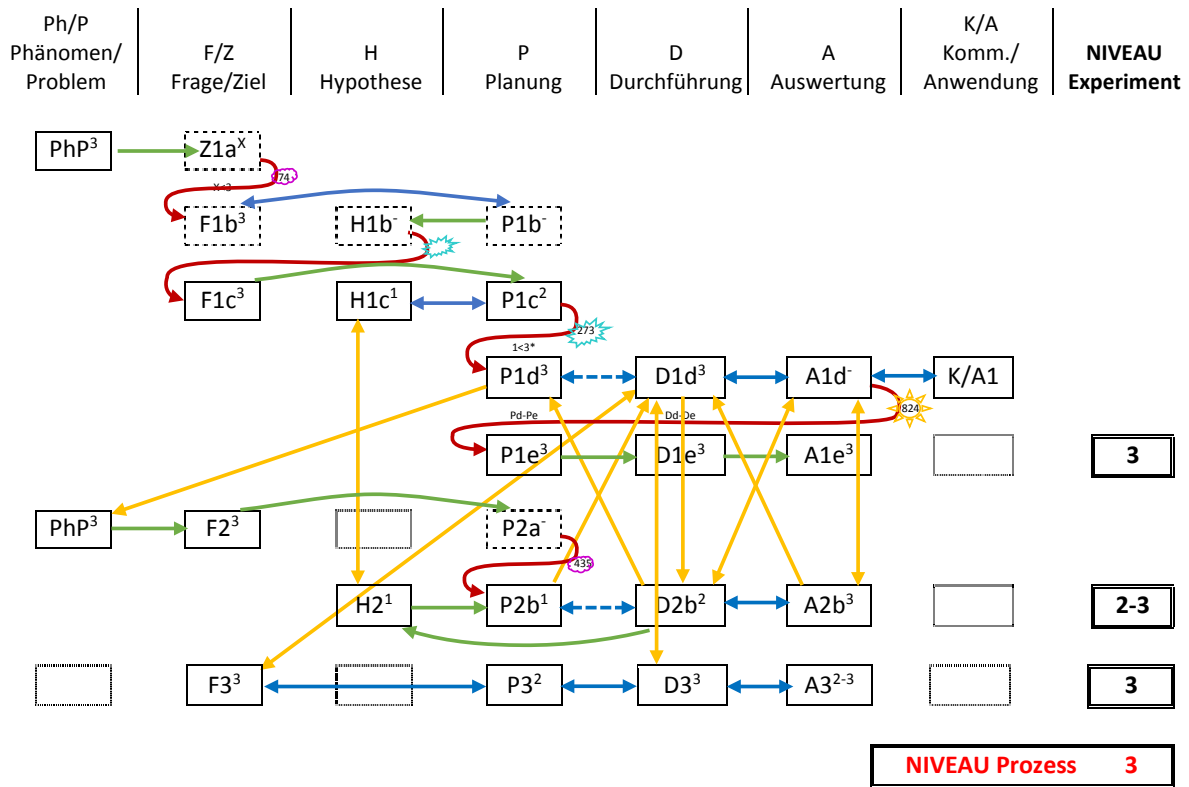
V4



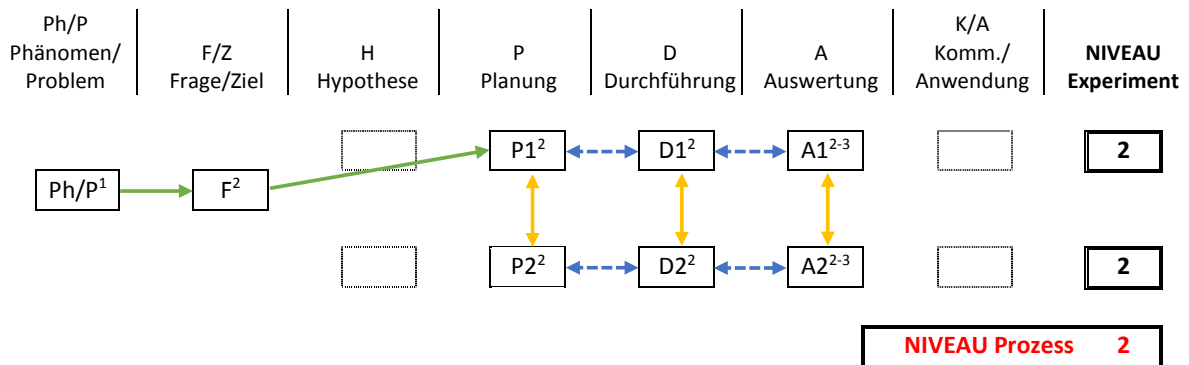
V5



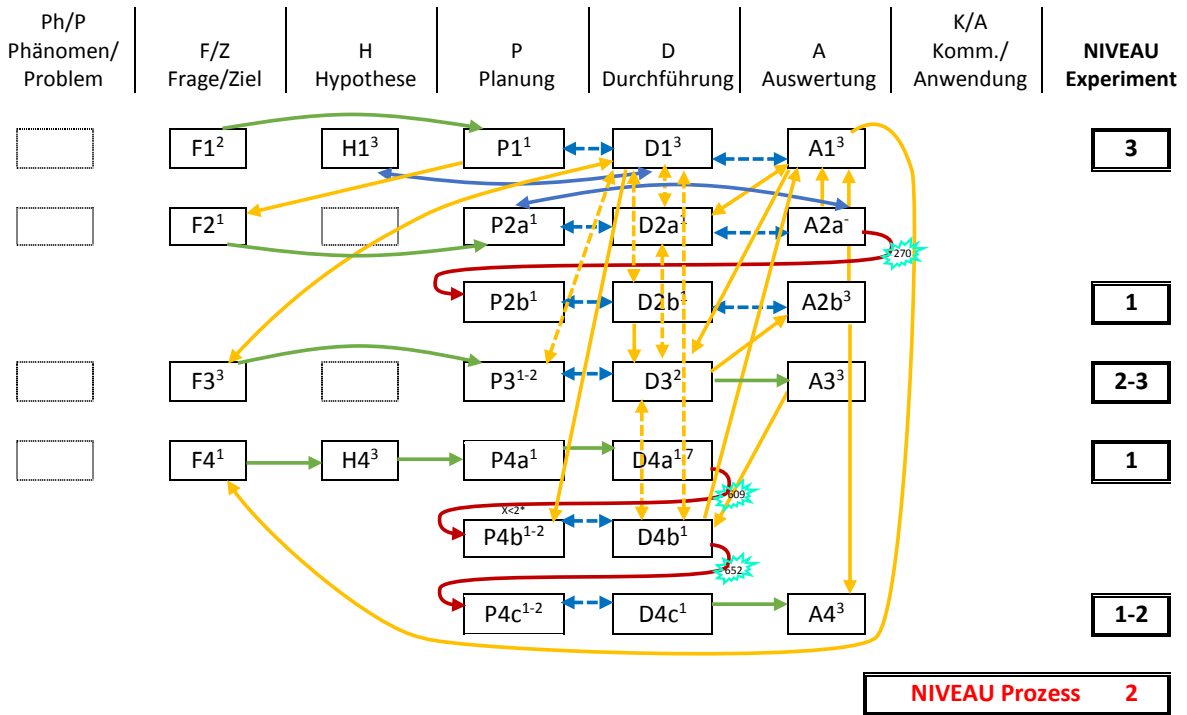
V6



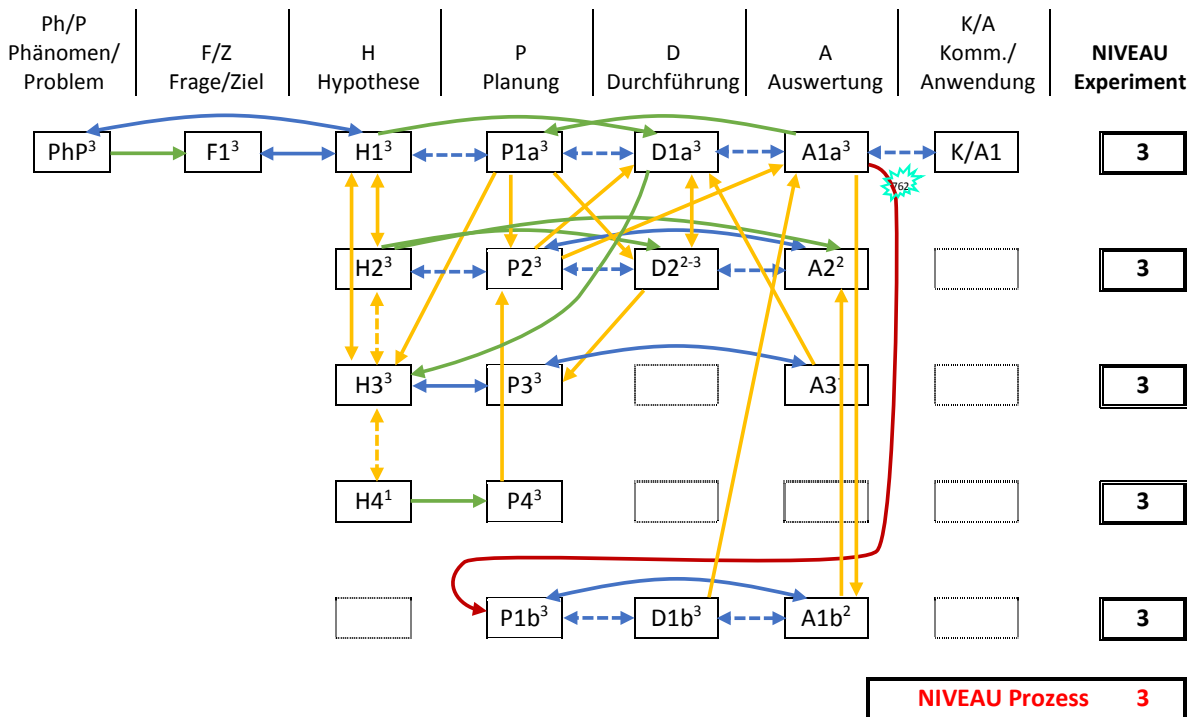
V7



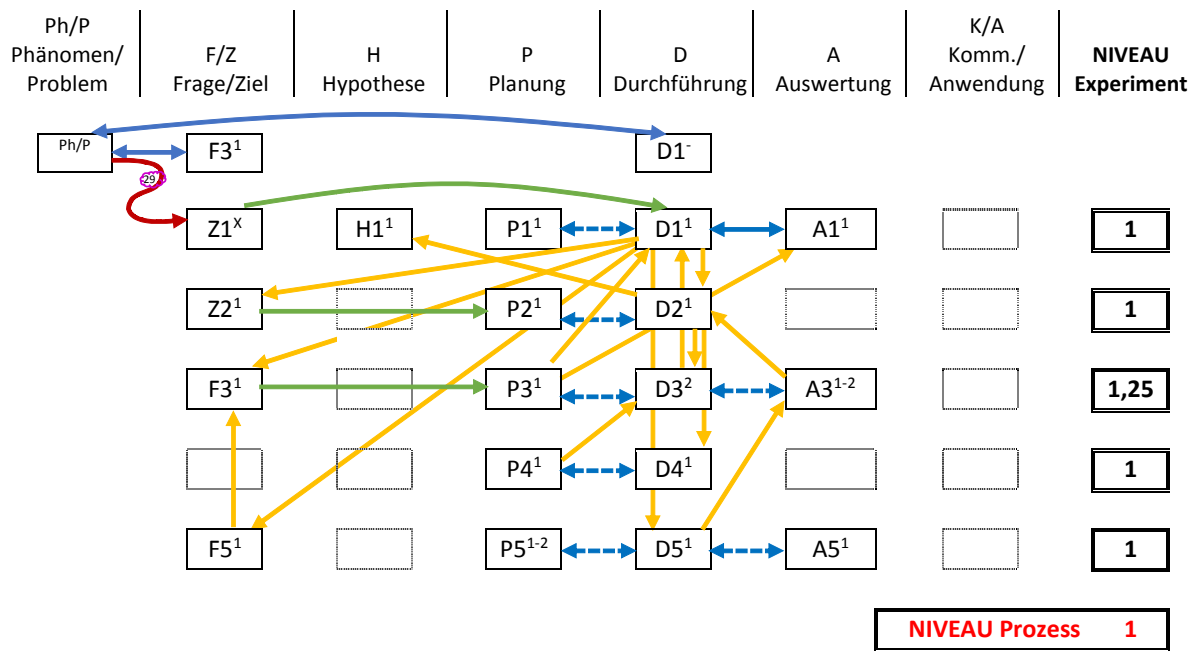
V8



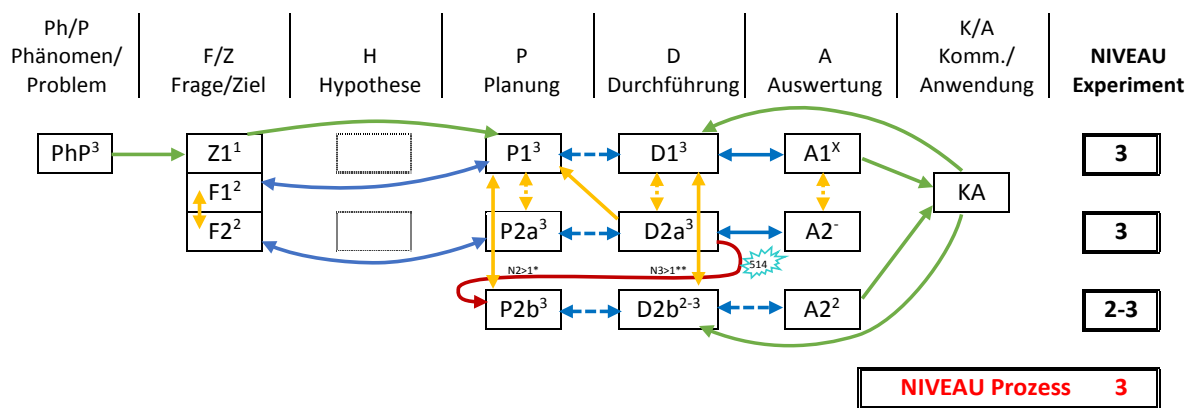
V9



V10



V11



Anhang 29. Niveaustufen aller Proband_innen.

V1-V4; N=Niveau; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung;

			V1_ Exp1	V1_ Exp2	V2_ Exp1	V3_ Exp1	V3_ Exp2	V4_ Exp1	V4_ Exp2	V4_ Exp3
N_Phänomen/Problem			2	X	3	1	X	X	X	X
N_Frage/Ziel			1	3	3	2	X	2	2	3
N_Hypothese			3	3	3	X	X	3	2	X
N_Planung										
	N_P_Materialauswahl		2	X	2	X	2	3	2	3
	N_P_Variablenidentifizierung		1	1	2	2	1	2	X	2
	N_P_Variablenbegründung		3	3	2	1	1	3	1	3
	N_P_Beobachtung/Messung		2	1	1	1	1	X	X	X
N_Durchführung										
	N_D_Umgang mit Variablen		1	1	3	2	1	2	1	2
	N_D_Experimentalanlage		1	2	2	2	2	2	2	2
	N_D_Beobachtung/Messung		3	3	3	1	1	2	2	2
	N_D_Einsatz der Geräte/Materialien		2	3	3	1	1	1	3	1
	N_D_Protokollierung									
		N_D_Protokollierung Prozess	2	2	3	1	X	1	X	X
		N_D_Protokollierung Ergebnisse	3	3	3	X	X	X	X	X
N_Auswertung										
	N_A_Aufbereitung		3	2	3	X	X	X	X	X
	N_A_Schlussfolgerung		3	3	2	2	2	2	2	2
	N_A_Rückbezug auf Hypothese		X	X	3	X	X	1	1	1
	N_A_Fehleranalyse/Reflexion		3	3	3	1	2	2	1	1
Niveau_Experiment			2	3	3	1	1	2	2	2-3
Niveau_Experiment (Mittelwert*)										
Niveau_Prozess			2 - 3		3	1		2		
Niveau_Prozess (Mittelwert*)			2,5			1				
<i>*Bei Ober- und Untermedian wird der Mittelwert berechnet</i>										
Summe_Niveaustufen_Experiment		Niveau X	1	3	0	5	7	4	6	6
		Niveau 1	4	3	1	7	6	3	4	3
		Niveau 2	5	3	5	5	4	7	6	5
		Niveau 3	7	8	11	0	0	3	1	3
Summe_Niveaustufen_Prozess		Niveau X	4		0	12		16		
		Niveau 1	7		1	13		10		
		Niveau 2	8		5	9		18		
		Niveau 3	15		11	0		7		

Niveaustufen aller Proband_innen (V5-V7)

			V5_ Exp1	V6_ Exp1	V6_ Exp2	V6_ Exp3	V7_ Exp1	V7_ Exp2
N_Phänomen/Problem			3	3	3	X	1	1
N_Frage/Ziel			3	3	3	3	2	2
N_Hypothese			3	1	1	X	X	X
N_Planung								
	N_P_Materialauswahl		3	3	X	X	3	3
	N_P_Variablenidentifizierung		2	3	2	2	2	2
	N_P_Variablenbegründung		3	1	1	1	2	2
	N_P_Beobachtung/Messung		2	3	1	3	2	2
N_Durchführung								
	N_D_Umgang mit Variablen		3	3	2	2	2	2
	N_D_Experimentalanlage		2	3	3	2	2	3
	N_D_Beobachtung/Messung		3	3	2	3	1	1
	N_D_Einsatz der Geräte/Materialien		3	3	3	3	3	3
	N_D_Protokollierung							
		N_D_Protokollierung Prozess	2	1	1	X	1	1
		N_D_Protokollierung Ergebnisse	3	3	X	3	X	X
N_Auswertung								
	N_A_Aufbereitung		3	3	X	2	X	X
	N_A_Schlussfolgerung		3	3	3	3	3	3
	N_A_Rückbezug auf Hypothese		3	3	3	X	x	x
	N_A_Fehleranalyse/Reflexion		3	3	3	X	2	2
Niveau_Experiment			3	3	2-3	3	2	2
Niveau_Experiment (Mittelwert*)					2,5			
Niveau_Prozess			3		3		2	
Niveau_Prozess (Mittelwert*)								
<i>*Bei Ober- und Untermedian wird der Mittelwert berechnet</i>								
Summe_Niveaustufen_Experiment		Niveau X	0	0	3	6	4	4
		Niveau 1	0	3	4	1	3	3
		Niveau 2	4	0	3	4	7	6
		Niveau 3	13	14	7	6	3	4
Summe_Niveaustufen_Prozess		Niveau X	0	9			8	
		Niveau 1	0	8			6	
		Niveau 2	4	7			13	
		Niveau 3	13	27			7	

11 Anhang

Niveaustufen aller Proband_innen (V8-V9)

		V8_Exp1	V8_Exp2	V8_Exp3	V8_Exp4	V9_Exp1	V9_Exp2	V9_Exp3	V9_Exp4	
N_Phänomen/Problem		X	X	X	X	3	3	3	3	
N_Frage/Ziel		2	1	3	1	3	3	3	3	
N_Hypothese		3	X	X	3	3	3	3	1	
N_Planung										
	N_P_Materialauswahl	X	3	3	2	3	X	X	X	
	N_P_Variablenidentifizierung	2	1	2	1	3	3	3	3	
	N_P_Variablenbegründung	1	1	1	2	3	3	3	3	
	N_P_Beobachtung/Messung	1	1	1	1	3	3	3	3	
N_Durchführung										
	N_D_Umgang mit Variablen	3	1	2	1	2	2			
	N_D_Experimentalanlage	2	1	2	1	3	3			
	N_D_Beobachtung/Messung	3	1	2	1	3	1			
	N_D_Einsatz der Geräte/Materialien	2	3	1	3	3	3			
	N_D_Protokollierung									
	N_D_Protokollierung Prozess	3	2	1	X	3	3			
	N_D_Protokollierung Ergebnisse	3	1	2	1	3	1			
N_Auswertung										
	N_A_Aufbereitung	X	X	X	X	3	2			
	N_A_Schlussfolgerung	3	3	X	3	3	X			
	N_A_Rückbezug auf Hypothese	3	x	x	3	3	1			
	N_A_Fehleranalyse/Reflexion	3	X	3	3	3	3			
Niveau_Experiment		3	1	2 - 3	1<1-2	3	3	3	3	
Niveau_Experiment (Mittelwert*)				2,5	1<1,5					
Niveau_Prozess		1-2 - 2-3				3				
Niveau_Prozess (Mittelwert*)		2								
<i>*Bei Ober- und Untermedian wird der Mittelwert berechnet</i>										
Summe_Niveaustufen_Experiment		Niveau X	3	5	5	3	0	2	1	1
		Niveau 1	2	8	4	7	0	3	0	1
		Niveau 2	4	1	5	2	1	2	0	0
		Niveau 3	8	3	3	5	16	10	6	5
Summe_Niveaustufen_Prozess		Niveau X	16						4	
		Niveau 1	21						4	
		Niveau 2	12						3	
		Niveau 3	19						37	

Niveaustufen aller Proband_innen (V10-V11)

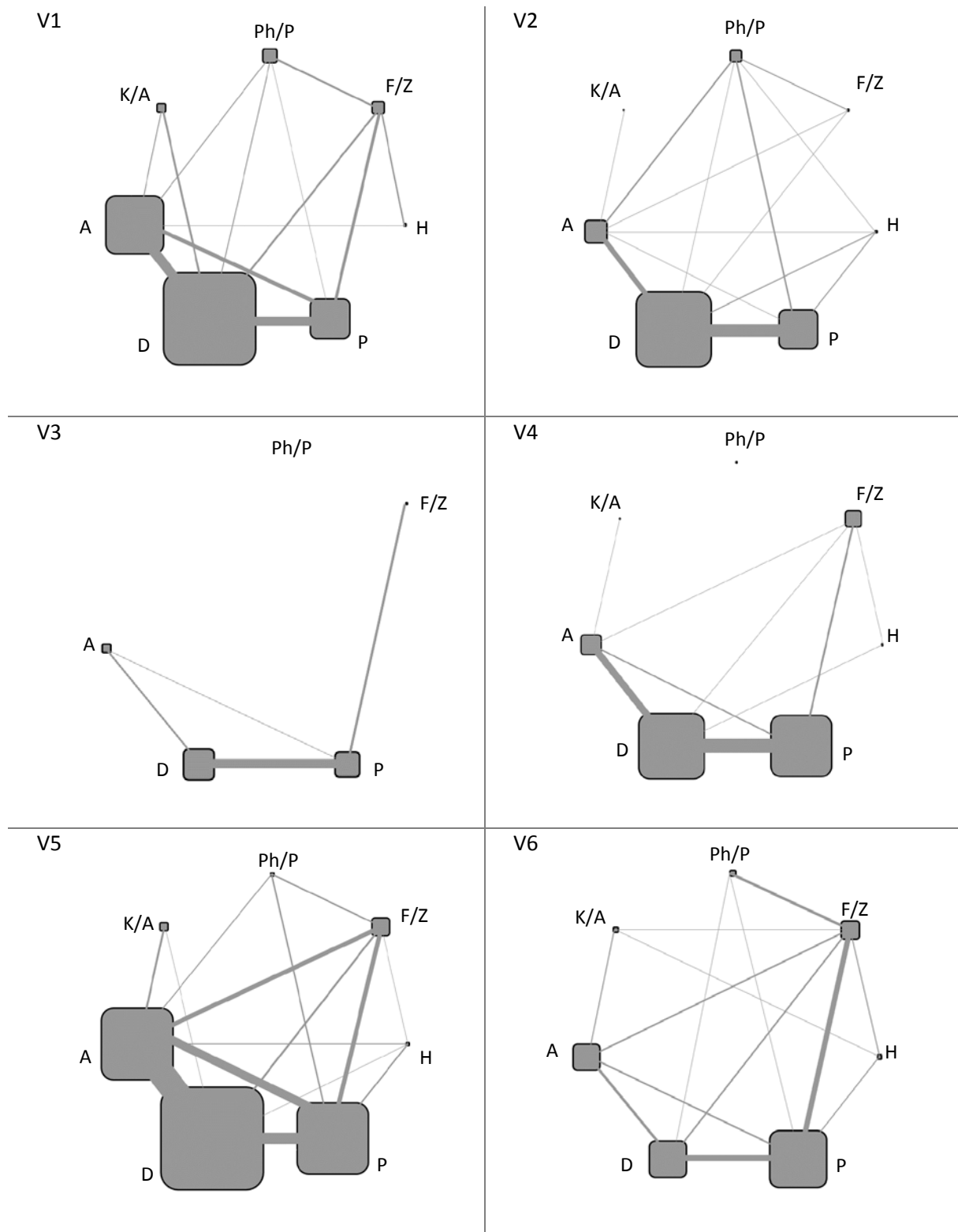
			V10_Exp1	V10_Exp2	V10_Exp3	V10_Exp4	V10_Exp5	V11_Exp1	V11_Exp2
N_Phänomen/Problem			X	X	X	X	X	3	3
N_Frage/Ziel			X	1	1	X	1	2	2
N_Hypothese			1	X	X	X	X	X	X
N_Planung									
	N_P_Materialauswahl		X	X	X	X	X	3	3
	N_P_Variablenidentifizierung		1	1	1	1	1	2	2
	N_P_Variablenbegründung		1	2	1	1	2	3	3
	N_P_Beobachtung/Messung		1	1	1	X	X	3	3
N_Durchführung									
	N_D_Umgang mit Variablen		1	1	2	1	1	3	3
	N_D_Experimentalanlage		3	1	2	1	2	2	2
	N_D_Beobachtung/Messung		X	1	1	X	x	3	3
	N_D_Einsatz der Geräte/Materialien		1	3	3	3	1	3	3
	N_D_Protokollierung								
		N_D_Protokollierung Prozess	1	1	1	X	X	1	1
		N_D_Protokollierung Ergebnisse	X	2	X	X	X	3	3
N_Auswertung									
	N_A_Aufbereitung		X	X	X	X	X	X	3
	N_A_Schlussfolgerung		2	X	2	X	1	X	2
	N_A_Rückbezug auf Hypothese		1	x	x	x	x	x	x
	N_A_Fehleranalyse/Reflexion		X	X	1	X	X	X	3
Niveau_Experiment			1	1	1 - 1-2	1	1	3	3
Niveau_Experiment (Mittelwert*)					1,25				
Niveau_Prozess					1			3	
Niveau_Prozess (Mittelwert*)									
<i>*Bei Ober- und Untermedian wird der Mittelwert berechnet</i>									
Summe_Niveaustufen_Experiment		Niveau X	7	7	6	12	10	5	2
		Niveau 1	8	7	7	4	5	1	1
		Niveau 2	1	2	3	0	2	3	4
		Niveau 3	1	1	1	1	0	8	10
Summe_Niveaustufen_Prozess		Niveau X	42					7	
		Niveau 1	31					2	
		Niveau 2	8					7	
		Niveau 3	4					18	

Niveaustufen aller Proband_innen (Summen)

Niveaustufen				SUMME_Niveau			
				X	1	2	3
N_Phänomen/Problem				15	3	1	10
N_Frage/Ziel				3	6	8	12
N_Hypothese				14	4	1	10
N_Planung				19	34	28	35
	N_P_Materialauswahl			13	0	5	11
	N_P_Variablenidentifizierung			1	10	13	5
	N_P_Variablenbegründung			0	12	6	11
	N_P_Beobachtung/Messung			5	12	4	8
N_Durchführung				22	46	40	54
	N_D_Umgang mit Variablen			0	10	11	6
	N_D_Experimentalanlage			0	5	16	6
	N_D_Beobachtung/Messung			3	9	5	10
	N_D_Einsatz der Geräte/Materialien			0	7	2	18
	N_D_Protokollierung						
		N_D_Protokollierung Prozess		7	12	4	4
		N_D_Protokollierung Ergebnisse		12	3	2	10
N_Auswertung				45	10	16	37
	N_A_Aufbereitung			18	0	3	6
	N_A_Schlussfolgerung			5	1	9	12
	N_A_Rückbezug auf Hypothese			15	5	0	7
	N_A_Fehleranalyse/Reflexion			7	4	4	12
				118	103	94	158
Niveau_Experiment							
Niveau_Experiment (Mittelwert*)							
Niveau_Prozess							
Niveau_Prozess (Mittelwert*)							
<i>*Bei Ober- und Untermedian wird der Mittelwert berechnet</i>							
Summe_Niveaustufen_Experiment				Niveau X			
				Niveau 1			
				Niveau 2			
				Niveau 3			
					SUMME_Niveau		
Summe_Niveaustufen_Prozess				Niveau X	118		
				Niveau 1	103		
				Niveau 2	94		
				Niveau 3	158		

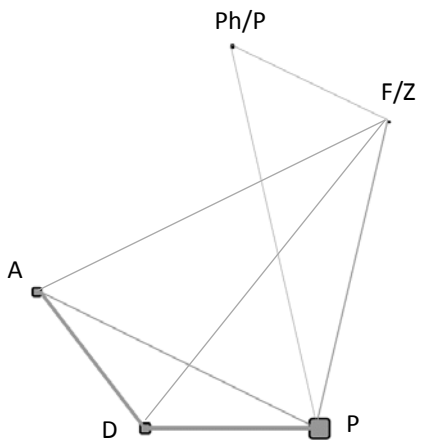
Anhang 30. Prozessmuster der Vernetzung von Phasen.

(Ph/P=Phänomen/Problem; F/Z=Frage/Ziel; H=Hypothese; P=Planung; D=Durchführung; A=Auswertung; K/A=Kommunikation/Anwendung; Größe der Quadrate= Anzahl kodierter Einheiten [1 Kodierung=0,015x0,015 mm]; Anzahl der Linien=Vernetzung der Phasen; Stärke der Linien=Häufigkeit der Phasenwechsel [1 Wechsel = 0,07 pt.]).

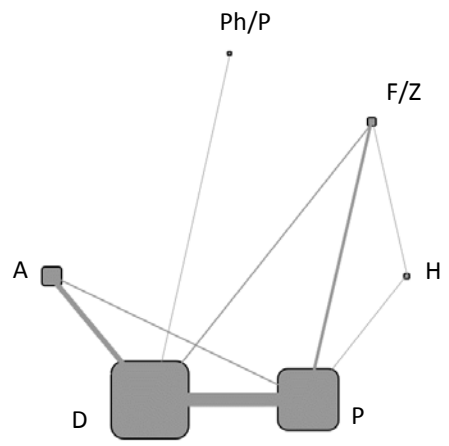


11 Anhang

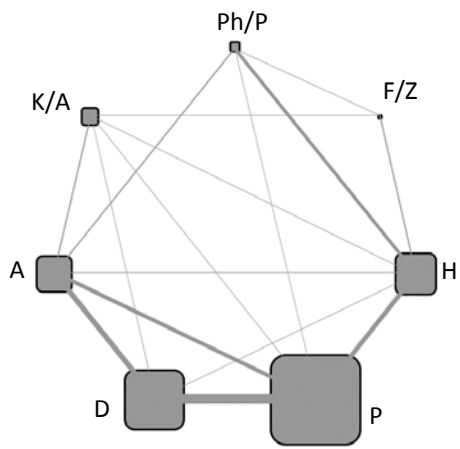
V7



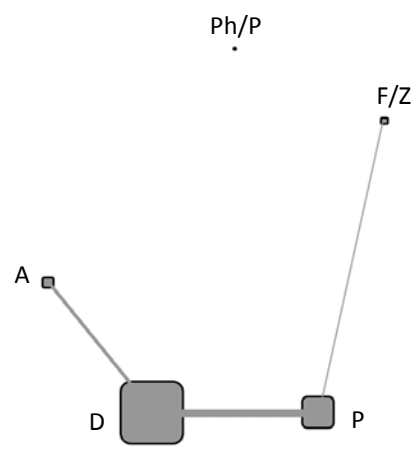
V8



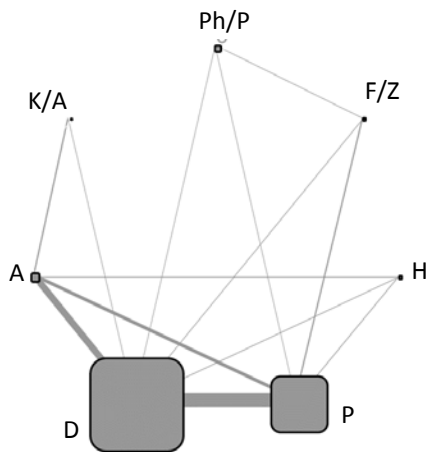
V9



V10



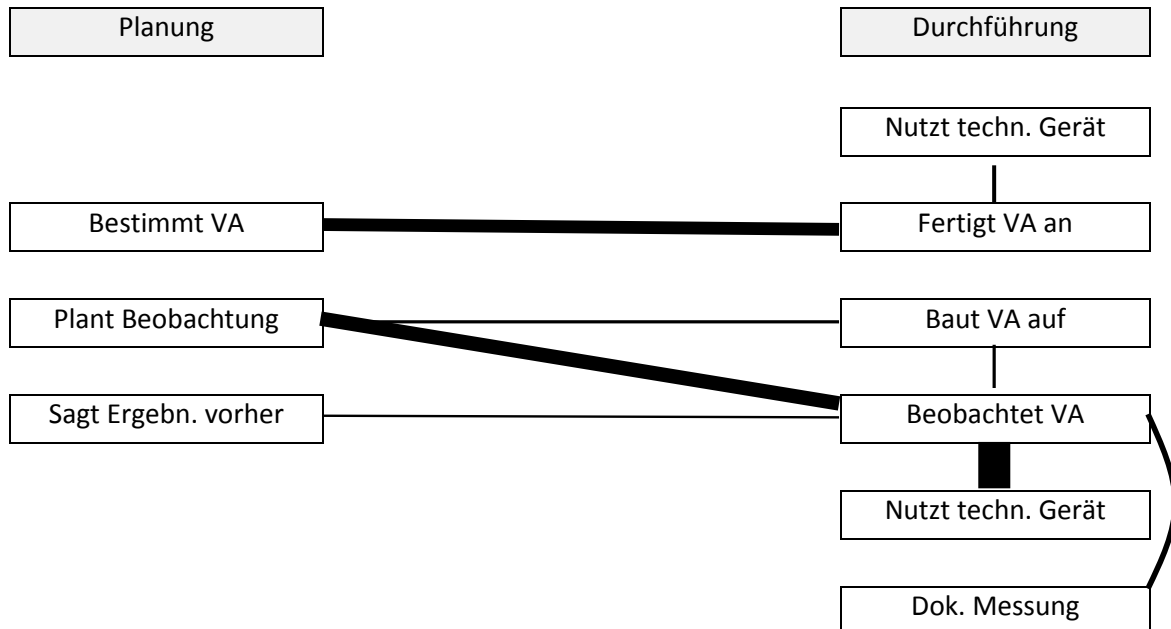
V11



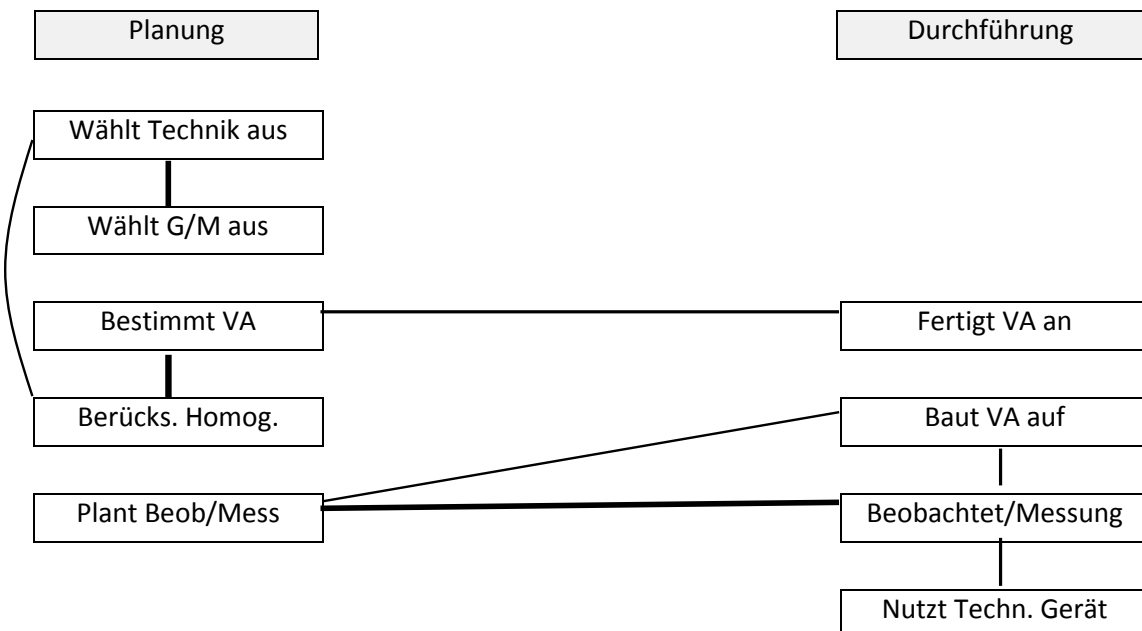
Anhang 31. Prozessmuster der Vernetzung von Aspekten.

Beispielhafte Darstellung einiger Proband_innen; Quantitative Auswertung (Faktor 0,3), berücksichtigte Vernetzungen: ab 3 Wechseln

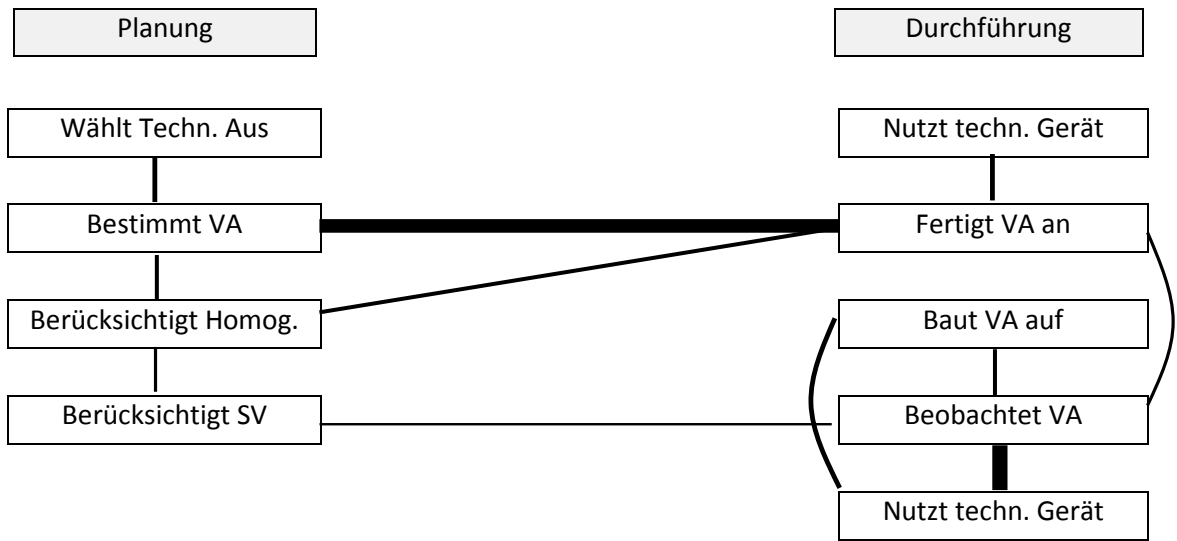
V1



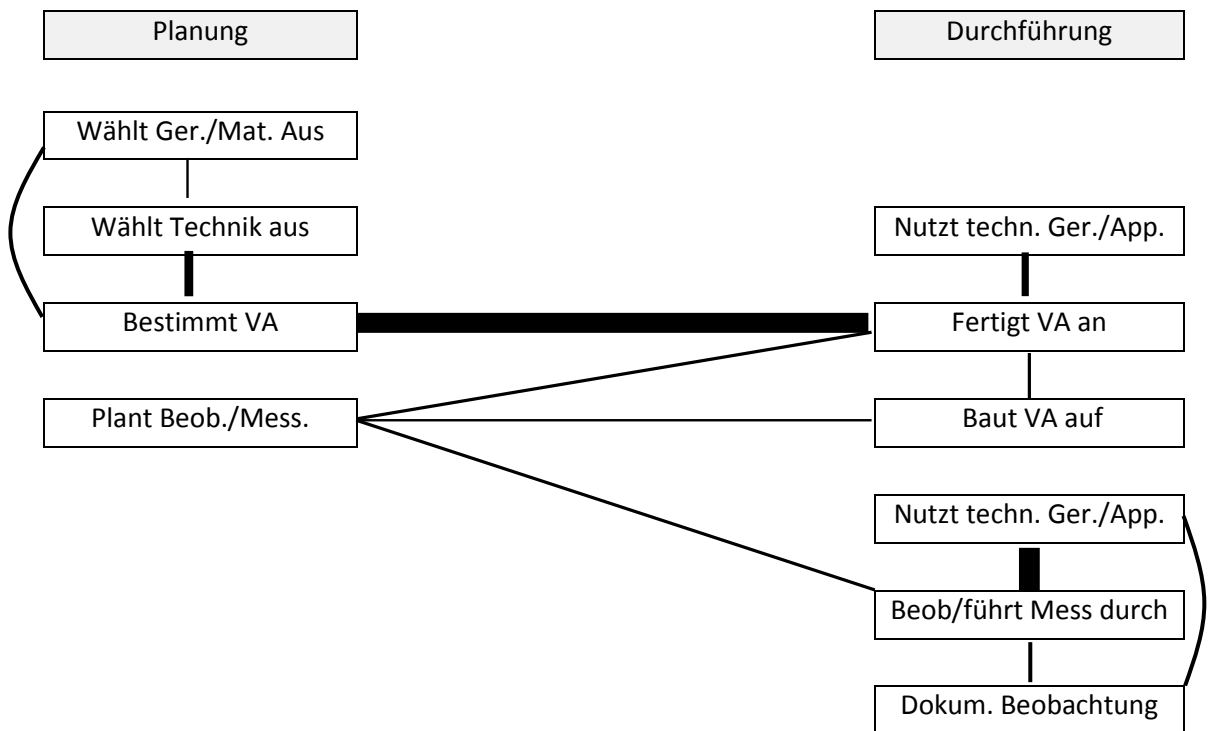
V6

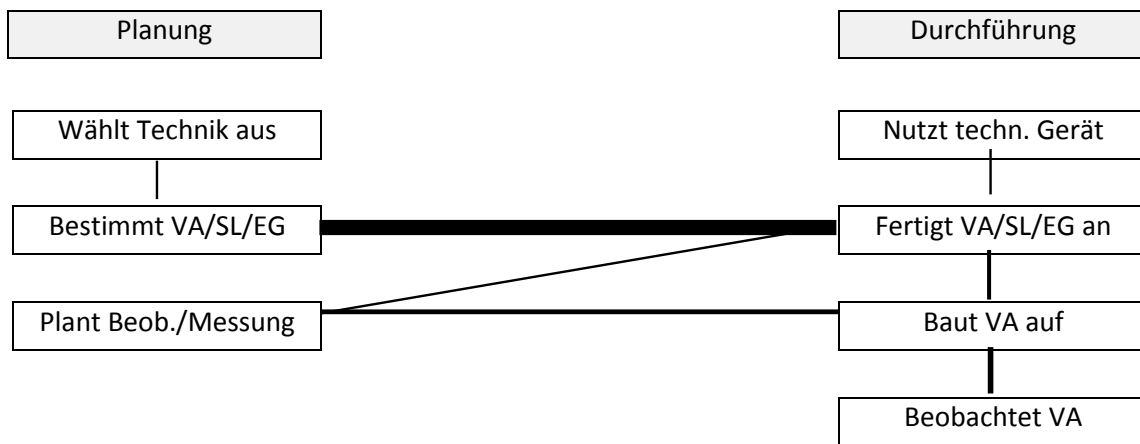
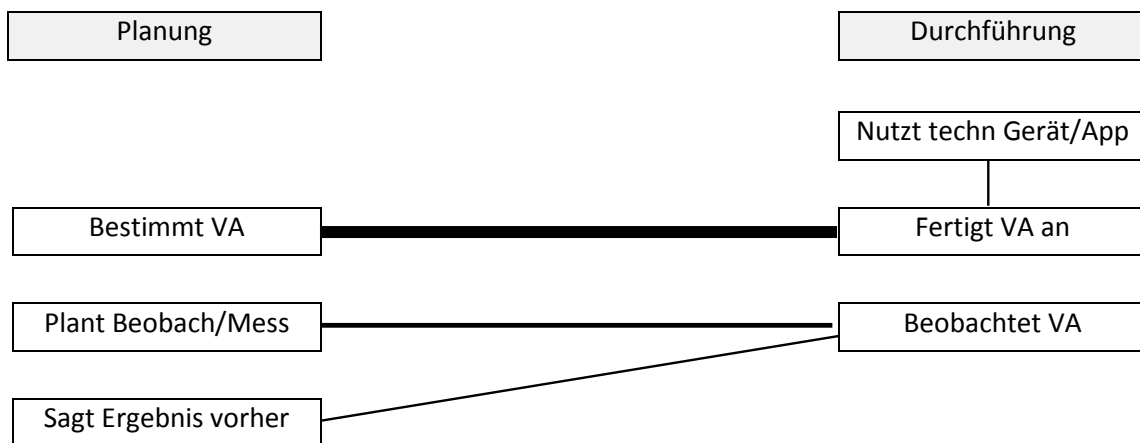


V11

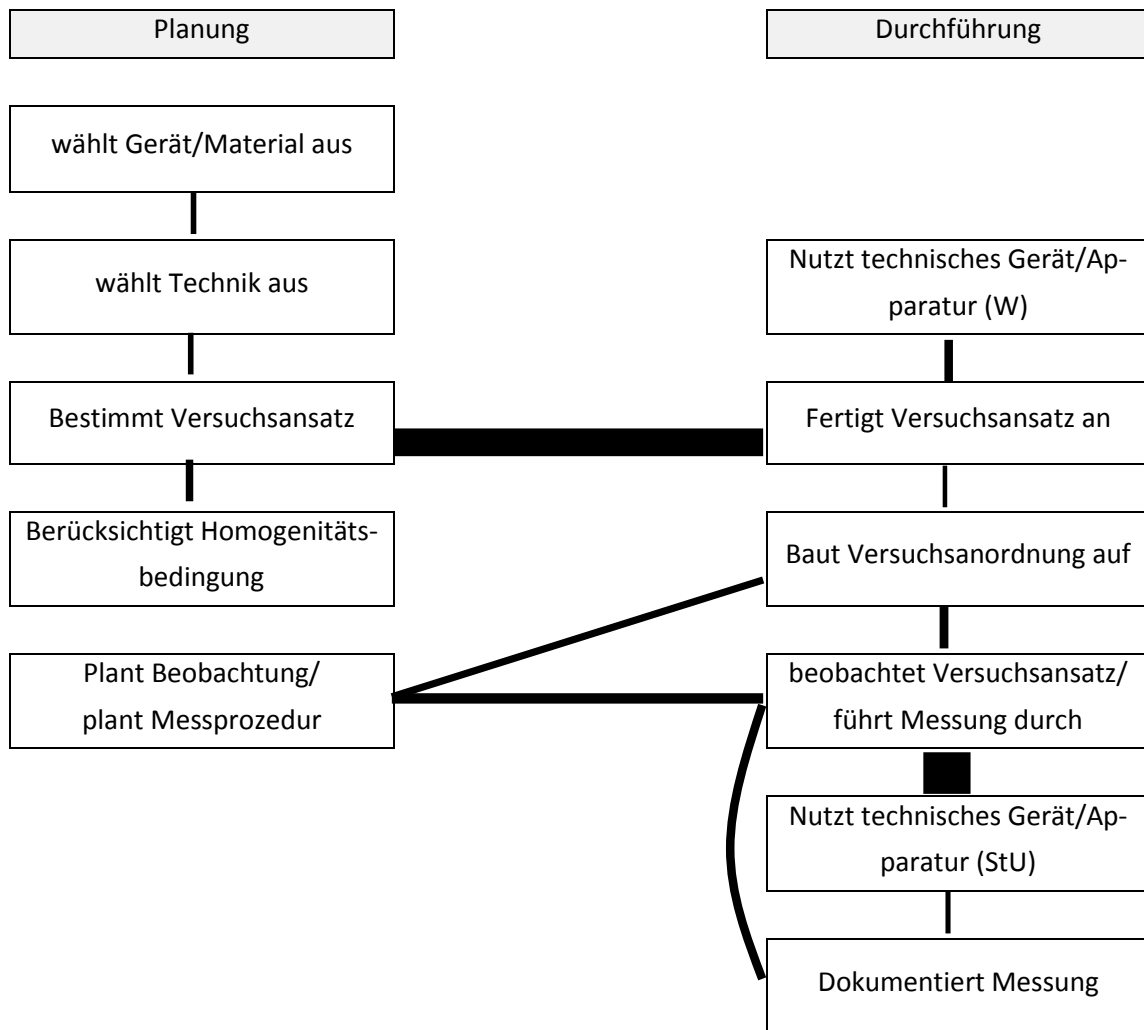


V8



V10**V3**

Gesamt



Anhang 32. Initiierte Phasen- und Experimentwechsel (mit Prozessänderungen).

PW=Phasenwechsel; EW=Experimentwechsel; an=ankommende Wechsel; ab=abgehende Wechsel;

V1

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A
PW							
an	1	0	2	6	5	4	2
ab	1	2	1	3	5	4	2
EW							
an	0	1	0	2	2+(1)/2	1+(1)/2	0
ab	0	0	1	1	3+(1)/2	2+(1)/2	0

V2

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A
PW							
an	0	0	1	5	4	3	1
ab	1	1	1	3	5	3	1
EW							
an	0	0	0	0	0	0	0
ab	0	0	0	0	0	0	0

V3

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A
PW							
an	0	1	0	7	5	2	0
ab	1	2	0	5	5	2	0
EW							
an	0	1	0	1+(1)/2	1+(2)/4	(1)/2	0
ab	0	1	0	0+(1)/2	0+(2)/4	(1)/2	0

V4

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A
PW							
an	0	5	2	6	7	4	0
ab	0	4	1	5	8	5	0
EW							
an	0	0	0	1	4+(1)	2+(2)	0
ab	0	1	2	1	2+(1)	1+(2)	0

V5

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A
PW							
an	0	2	1	4	7	4	3
ab	0	2	1	3	8	3	3
EW							
an	0	0	0	0	0	0	0
ab	0	0	0	0	0	0	0

11 Anhang

V6

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A
PW							
an	0	6	3	12	7	5	1
ab	2	5	3	10	8	5	1
EW							
an	0	0	(1)/2	1	4+(2)/3	1+(1)/2	0
ab	1	1	(1)/2	2	2+(2)/3	1+(1)/2	0

V7

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A
PW							
an	0	1	0	3	4	2	0
ab	1	1	0	2	4	2	0
EW							
an	0	0	0	(1)/2	(1)/2	(1)/2	0
ab	0	0	0	(1)/2	(1)/2	(1)/2	0

V8

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A
PW							
an	0	0	2	14	11	6	0
ab	0	4	2	8	12	5	0
EW							
an	0	3	0	2	5+(6)/11	3+(2)/3	0
ab	0	0	0	1	5+(6)/11	4+(2)/3	0

V9

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A
PW							
an	1	2	4	12	8	8	1
ab	2	1	9	9	7	9	1
EW							
an	0	0	1+(4)/8	1+(2)	3+(1)/2	2+(2)	0
ab	0	0	0+(4)/8	4+(2)	2+(1)/2	1+(2)	0

V10

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A
PW							
an	2	1	0	5	10	3	0
ab	3	3	0	7	9	3	0
EW							
an	0	3+(1)	1	0	3+(5)	2	0
ab	0	(1)	0	3	4+(5)	1	0

V11

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A
PW							
an	0	2	0	7	8	3	2
ab	1	3	0	5	6	5	2
EW							
an	0	(1)/2	0	1+(2)/4	(2)/4	(1)/2	0
ab	0	(1)/2	0	(2)/4	1+(2)/4	(1)/2	0

GESAMT

	Ph/P	F/Z	H	P	D	A	K/A	Gesamt
PW								
an	4	18	15	81	76	44	9	247
ab	12	25	18	60	72	46	9	242
EW								
an	0	8+(2)/3	2+(5)/10	9+(6)/10	22+(21)/29	11+(11)/17	0	52+(45)/69
ab	3	3+(2)/3	3+(5)/10	12+(6)/10	19+(21)/29	10+(11)/17	0	53+(45)/69

1+(2)/3 bedeutet:

- 1 = Anzahl der ankommenden oder abgehenden Experimentwechsel inkl. einfache und oszillierende Wechsel zu anderen Phasen
- (2) = +Anzahl der einfachen und oszillierenden Experimentwechsel innerhalb einer Phase (gezählt werden die Pfeile)
- /3 = +Anzahl der einfachen und oszillierenden Experimentwechsel innerhalb einer Phase (gezählt werden die Pfeilspitzen, d. h. oszillierende Experimentwechsel innerhalb einer Phase werden doppelt gezählt)

Anhang 33. Überblick über die Ergebnisse/Proband_innen.

(Fachkombination, Studienfortschritt, Prozessmuster, Vernetzungsgrad, Niveaustufe des Experimentierprozesses sowie formale, non-formale und informelle Lerngelegenheiten).

(Bio=Biologie; Mat=Mathematik; Che=Chemie; Spo=Sport; Phy=Physik; Geo=Geographie; Mus=Musik; Prob=Proband_in; Fachk.=Fachkombination in Erst- und Zweitfach; MS=Mastersemester; it=iterativ; os=oszillierend; lin=linear).

Prob	Fachk.	Studienfortschritt	Prozessmuster	Vernetzungsgrad	Niveaustufe	Lerngelegenheiten		
						formal	non-formal	informell
V5	Bio/ Mat	5. MS	it-os	hoch	3	5		Alltag
V9	Bio/ Che	4. MS	it-os	hoch	3	4	Schüler-labor	keine
V2	Bio/ Che	2. MS	lin-os	hoch	3	1	Schüler-labor	Alltag
V6	Bio/ Che	5. MS	it-os	hoch	3	3	Wissenschaft Schüler AG	keine
V11	Spo/ Bio	3. MS	lin-os	mäßig	3	1		Alltag
V1	Bio/ Phy	5. MS	it-os	hoch	2,5	4	Schüler-labor	Alltag
V4	Bio/ Geo	1. MS	it-os	mäßig	2	3	Schüler-labor	Alltag
V8	Bio/ Che	5. MS	it-os	mäßig	2	4		keine
V7	Bio/ Che	1. MS	lin-os	gering	2	3		Alltag
V3	Mus/ Bio	5. MS	it-os	gering	1,25	1		Alltag
V10	Mat/ Bio	1. MS	it-os	gering	1	2		Alltag

Anhang 34. Lerngelegenheiten Biologie.

Institutionelle Lerngelegenheiten

Bachelorstudium Biologie im Kombinationsstudiengang mit Lehramtsoption (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007j)

Wissen und Erfahrungen zur Hefegärung

Modul B10L: Mikrobiologie

<p>Grundlagenkenntnisse über den Stoffwechsel und die Diversität von Mikroorganismen Grundkenntnisse in der praktischen Arbeit mit Mikroorganismen Wachstum und Stoffwechsel der Mikroorganismen (S. 16).</p>

Wissen und Erfahrungen zum Experimentieren

Modul B3: Genetik und Molekulare Zellbiologie

<p>Verständnis der Methoden und Experimente, mit deren Hilfe grundlegende Erkenntnisse der Genetik und Molekularbiologie gewonnen wurden (S.9).</p>

Modul B7: Tier- und Neurophysiologie

<p>Experimente zur Atmung, Zirkulation und zum Sauerstofftransport (S. 13).</p>

Modul B8: Pflanzenphysiologie

<p>Verständnis für physiologische Fragestellungen und ihre experimentelle Bearbeitung. Experimente zu Photosynthese, Atmung, Gärung, Wachstum, Wasserhaushalt, Mineralernährung (S. 14).</p>

Modul B9: Didaktik der Biologie

<p>Selbsterfahrung in der Anwendung biologischer Arbeitsweisen wie Beobachten, Untersuchen, Vergleichen, Experimentieren, Mikroskopieren und im Umgang mit biologischem Originalmaterial. Konzeption und Gestaltung experimenteller Lernumgebungen, Demonstrations- und Schülerexperimente (S. 15).</p>
--

Lehramtsmaster Biologie, 120 SP (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007c)

Wissen und Erfahrungen zur Hefegärung

Modul LM6 (BioFW): Vertiefung Genetik und Molekularbiologie

Fähigkeit zur Erläuterung von Begriffen und Gesetzmäßigkeiten der klassischen und molekularen Genetik und molekularen Zellbiologie (berufsbefähigend) (S. 13).

Wissen und Erfahrungen zum Experimentieren

Modul LM1 (BioFD): Fachbezogenes Unterrichten (Schulpraktische Studien)

[Die Studierenden] arrangieren exemplarisch fachliche Lehr- und Lernprozesse schüler- und problemorientiert und evaluieren einen experimentell ausgerichteten Biologieunterricht (weitgehend) (S. 5).

Modul LM 2 (BioFD/FW): Entwicklung und Evaluation von Biologieunterricht unter fachwissenschaftlicher Perspektive

[Die Studierenden] können biologische Experimente durchführen und biologische Gesetzmäßigkeiten erläutern (berufsbefähigend) (S. 7).

Modul LM3 (BioFD): Spezielle Themen des Biologieunterrichts

Ausgewählte Schulexperimente für die Sek I und Sek II aus verschiedenen Themenbereichen werden erprobt sowie organisatorische Aspekte und didaktische Einsatzmöglichkeiten diskutiert (S. 9).

Modul LM4 (BioFW): Vertiefung Zoologie

Fähigkeit zur Planung, Durchführung und Umsetzung von Experimenten mit Schülern (berufsbefähigend) (S. 11).

Modul LM6 (BioFW): Vertiefung Genetik und Molekularbiologie

Fähigkeit zur Erläuterung von Begriffen und Gesetzmäßigkeiten der klassischen und molekularen Genetik und molekularen Zellbiologie (berufsbefähigend).
 Fähigkeit zur Erläuterung der experimentellen Herangehensweisen in ausgewählten Feldern der Genetik und Molekularbiologie (berufsbefähigend).
 Fähigkeit zur Planung, Durchführung und Umsetzung von einfachen genetisch molekularbiologischen Experimenten mit Schülern (berufsbefähigend) (S. 13).

Modul LM7 (BioFW): Pflanzenphysiologie

Fähigkeit zur Erläuterung des experimentellen Erkenntnisweges in der Pflanzenphysiologie (berufsbefähigend).
 Fähigkeit zur Planung, Durchführung und Umsetzung von Experimenten mit Schülern (berufsbefähigend).
 Ableitung von Arbeitshypothesen aus dem pflanzenphysiol. Kontext, Nutzung pflanzenphysiologischer Experimente zur Verdeutlichung des wiss. Erkenntnisweges, Planung, Durchführung und quantitative Auswertung von ausgewählten Experimenten.
 1 Praktikum, in dem zahlreiche Anregungen zum Experimentieren mit Schülern gegeben werden (S. 14).

Anhang 35. Lerngelegenheiten Zweitfächer.

Lerngelegenheiten im Fach Physik

Kombibachelor mit Lehramtsoption (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2011c)

<i>Module</i>	<i>Inhalte</i>
Modul Pk1.1 Physik 1 und Vorpraktikum	<ul style="list-style-type: none"> • Grundprinzipien des Experimentierens, Planung von Experimenten, Einschätzung der Aussagekraft experimenteller Resultate
Physikalisches Vorpraktikum	<ul style="list-style-type: none"> • Physikalische Messgeräte, • Planung von Experimenten, • Präsentation von Ergebnissen
Modul Pk3 Physikalisches Praktikum	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnis und Beherrschung physikalischer Messgeräte und Experimentiertechniken; selbständige Planung • und Durchführung von Experimenten, Darstellung von Messergebnissen, sachbezogene Kooperation
Modul Pk4.1 Kern- und Elementarteilchenphysik	<ul style="list-style-type: none"> • Verständnis der experimentellen und theoretischen Grundlagen der Kern- und Elementarteilchenphysik • Analyse komplexer physikalischer Vorgänge mittels experimenteller Methoden und theoretischen Beschreibungen
Modul Pk4.2 Atom- und Molekülphysik	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und experimentellen Methoden • Experimente mit einzelnen Molekülen
Modul Pk7 Demonstrationspraktikum	<ul style="list-style-type: none"> • Beherrschung ausgewählter Demonstrationsexperimente, Fertigkeiten angemessener Präsentation • Experimentelle Erarbeitung einer Versuchssequenz • zu einem vorgegebenen Sachgebiet • der Physik
Modul Pk9b Schulpraktische Studien	<ul style="list-style-type: none"> • arrangieren exemplarisch fachliche Lehr- und Lernprozesse schüler- und problemorientiert und • evaluieren einen experimentell ausgerichteten Physikunterricht (weitgehend),

Lehramtsmaster, 60 SP (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007h)

<i>Module</i>	<i>Inhalte</i>
Modul PK 30 Schulpraktische Studien (SpSt) Physik	<ul style="list-style-type: none"> • arrangieren exemplarisch fachliche Lehr- und Lernprozesse schüler- und problemorientiert und evaluieren einen experimentell ausgerichteten Physikunterricht (weitgehend)

Lehramtsmaster, 120 SP (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007i)

<i>Module</i>	<i>Inhalte</i>
Modul PK 20 <i>Schulpraktische Studien</i> <i>(SpSt) Physik</i>	<ul style="list-style-type: none"> • arrangieren exemplarisch fachliche Lehr- und Lernprozesse schüler- und problemorientiert und evaluieren einen experimentell ausgerichteten Physikunterricht (weitestgehend)
Modul PK 21 <i>Demonstrationspraktikum (DPr II)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sollen die im Fachstudium erworbenen Kompetenzen im Bereich der experimentellen Arbeitsmethoden der Physik anwenden und erweitern • Der Schwerpunkt liegt in der selbständigen Auswahl, Planung und Durchführung von Demonstrationsexperimenten. • Neben dem selbständigen Erarbeiten der physikalischen Inhalte und moderner experimenteller Methoden sollen auch vertiefte Erfahrungen im Umgang mit aktueller Experimentalliteratur und dem Einsatz des Computers im Experiment gewonnen werden. • Im Seminar sollen die Studierenden lernen, über ein begrenztes physikalisches Thema unter Einsatz von Demonstrationsexperimenten sach- und fachbezogen vorzutragen und zu diskutieren.
<i>Physik</i> <i>Programm für das Unterrichtspraktikum</i>	<ul style="list-style-type: none"> • arrangieren exemplarisch fachliche Lehr- und Lernprozesse schüler- und problemorientiert und evaluieren einen experimentell ausgerichteten Physikunterricht (weitgehend),

*Lerngelegenheiten im Fach Mathematik***Kombibachelor mit Lehramtsoption (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2011a)**

<i>Module</i>	<i>Inhalte</i>
<i>Modul 6: Elementargeometrie und ihre Didaktik</i>	Mathematisches Experimentieren, Vermuten und Beweisen: Entdecken geometrischer Sachverhalte durch spielerische Konstruktionen. Strategien zum Beweisen der gefundenen Sachverhalte finden.

Lehramtsmaster, 60 SP (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007f)

Keine

Lehramtsmaster, 120 SP (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007g)

keine

*Lerngelegenheiten im Fach Chemie***Kombibachelor mit Lehramtsoption (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007a)**

§ 4 Studienziele

Die Studierenden sollen ferner erste experimentelle Fertigkeiten sowie die Fähigkeit zu selbständigem wissenschaftlichen Denken und Experimentieren erwerben.

Praktikum (PR):

Praktika dienen der Anwendung theoretischer Grundlagen, der Vermittlung und dem Erwerb experimenteller Fähigkeiten und praktischer Kenntnisse von den Arbeitsmethoden des Fachs, und beinhalten die Durchführung, Protokollierung und Auswertung von Experimenten.

<i>Module</i>	<i>Inhalte</i>
<i>Modul C1: Allgemeine und Anorganische Chemie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vor- und Nachbereitung der Experimente; • Protokollierung der Experimente und Fachgespräche; Vorlage eines Laborbuchs
<i>Modul C3A: Physik</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung der Versuche (Eingangstestate); • Protokollierung und Nachbereitung der Experimente
<i>Modul C4: Organische Chemie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung und Nachbereitung der Experimente; Protokollierung und Fachgespräche; Führung und Vorlage eines Laborbuchs
<i>Modul C5: Physikalische Chemie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vor- und Nachbereitung der Experimente; Protokollierung und Fachgespräche; Vorlage eines Laborbuchs
<i>Modul C6: Analytische Chemie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vor- und Nachbereitung der Experimente; Protokollierung und Fachgespräche; Vorlage eines Laborbuchs
<i>Modul C7: Fachbezogene Vermittlungskompetenz/Fachdidaktik</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Gestaltung experimenteller Lernumgebungen;
<i>Modul C9: Biochemie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vor- und Nachbereitung der Experimente; Protokollierung und Fachgespräche; Vorlage eines Laborbuchs
<i>Modul C11: Bachelorarbeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in das wissenschaftliche Thema durch Literaturrecherchen und Verarbeitung der Recherchenergebnisse; • selbstständige experimentelle Bearbeitung des wissenschaftlichen Themas; • schriftliche Darstellung der Ergebnisse

Lehramtsmaster, 60 SP (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2008b)

<i>Module</i>	<i>Inhalte</i>
Chemie Programm für das Unterrichtspraktikum	<ul style="list-style-type: none"> • Ziele der Schulpraktischen Studien: arrangieren exemplarisch fachliche Lehr- und Lernprozesse schüler- und problemorientiert und evaluieren einen experimentell ausgerichteten Chemieunterricht (weitgehend)

Lehramtsmaster, 120 SP (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2008c)

<i>Module</i>	<i>Inhalte</i>
Modul 3 (11SP) „Schulorientiertes Experimentieren“	<ul style="list-style-type: none"> • Das Praktikum thematisiert die Möglichkeit der experimentellen Umsetzung der Vorlesungsinhalte für den Chemieunterricht. <p>Schulorientiertes Experimentieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experimentelle Umsetzung von ausgewählten Inhalten des Rahmenlehrplans unter Berücksichtigung fachdidaktischer Grundlagen • Begründetes Einsetzen von Experimenten in Lehr- und Lernprozessen • Teilnahme; Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten <p>Vorlesung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Literaturrecherche zu bzw. Konzeption von Experimenten (ca. 10) für die Umsetzung der jeweiligen Vorlesungsinhalte im Chemieunterricht und Beantragung der Experimente (Didaktik) für das Praktikum <p>Praktikum:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung ausgewählter Experimente (ca. 10 je Termin) • Anfertigen von „Arbeiten“ über (selbst) ausgewählte Experimente für das Portfolio (ca. 30 insgesamt)

*Lerngelegenheiten im Fach Sport***Kombibachelor mit Lehramtsoption (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2008a)**

Keine

Lehramtsmaster, 120 SP (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2008e)

Keine

Lehramtsmaster, 60 SP (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2008d)

keine

*Lerngelegenheiten in der Grundschulpädagogik***Bachelorstudiengang Grundschulpädagogik (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007b)**

<i>Module</i>	<i>Inhalte</i>
<i>Lernbereich Sachunterricht</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Handlungsformen: z. B. Experiment • Untersuchen, Experimentieren

*Lerngelegenheiten im Fach Geographie***Kombibachelor mit Lehramtsoption (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2011b)**

<i>Module</i>	<i>Inhalte</i>
<i>Zur Geschichte der Geographie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • zum Verhältnis von Theorie und Empirie, Beobachtung und Experiment, Grundlagenforschung und angewandter Forschung, qualitativer, quantitativer und modelltheoretischer Strategien im Fach und seinen Teilbereichen zu verschiedenen Zeiten

Lehramtsmaster, 60 SP (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007d)

<i>Module</i>	<i>Inhalte</i>
<i>Modul 2 Fachdidaktik Methoden, Medien, Kommunikation und Forschung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Unterrichtsverfahren / Methoden im Geographieunterricht: Experimente

Lehramtsmaster, 120 SP (Der Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin, 2007e)

<i>Module</i>	<i>Inhalte</i>
<i>Modul 5 Fachdidaktik Methoden, Medien, Kommunikation und Forschung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Unterrichtsverfahren/Methoden im Geographieunterricht: Experimente

Lerngelegenheiten im Fach Musik

Keine

(Universität der Künste, 2015a, Universität der Künste, 2015b, Universität der Künste, 2015c, Universität der Künste, 2015d, Universität der Künste, 2015e)

Anhang 36. Wahrgenommene Lerngelegenheiten.

VW=Vorwissen; EE=Experimentiererfahrungen

V1	QUELLE	ART
VW	Alltag	Kuchen backen „Achja, so einen Hefeteigkuchen hast du ja auch schon mal gemacht“
	Studium (Bio)	Mikrobiologie („kein völlig unbekanntes Phänomen“) „da geht es halt um die ganzen verschiedenen Typen, wie, wie äh also um die ganzen Abbautypen von Glucose auch irgendwie und wie man da Energie gewinnen kann äh ja. War ganz schrecklich, ist auch nicht viel hängengeblieben ((lachend)).“ „Nein, also kann man, nein, kann man jetzt nicht sagen, dass ich das so richtig in Bezug setzen konnte, so auf die Schnelle. (.).“
EE	Studium (Bio)	Übungen im Bachelor (FW) und diesen Kurs, auch hier im Mikroskopierraum (FD) → beides keine freien Experimente, eher vorgegeben
	Studium (Phy)	„Und zwar, man macht dann für Schüler Experimente, muss man entwickeln. Also da/ wir haben ja Uni Lab (.) und da macht man im Bachelor schon und dann auch nochmal im Master (.) äh, arbeitet man praktisch ein Modul für Schüler aus, wo die dann experimentieren. [...] Und das ist dann auch ziemlich frei. also, das überlegt man sich alles selber und so, ja. (...).“
	Beruf	Schülerlabor

V2	QUELLE	ART
VW	Alltag	Nur mit Trockenhefe
	Schule	Temperaturabhängigkeit Alkoholische Gärung
EE	Studium (Bio)	Bachelor (Experimente geplant, nur einzelne Schritte durchgeführt, ganz frei gab es nichts) Reihenfolge, was man macht (habe ich gar nicht eingehalten, war nicht so strukturiert)
	Arbeit	Schülerlabor

V3	QUELLE	ART
VW	Alltag	Äh (.), küchenmäßig, ja. Aber ich arbeite wenig mit Hefe, auch in, in der Küche, ich mache das lieber mit ja, (.) Backpulver.
	Studium (Bio)	Nature of Science

V4	QUELLE	ART
----	--------	-----

VW	Alltag	Die Effekte kennt man natürlich jetzt, dass da irgendwie was entsteht, beim Backen jetzt, wenn man jetzt einen Teig macht.
	Schule/ Studium	Also ich wusste im Prinzip, dass jetzt äh Hefe, dass eben Gärung stattfindet, (.) äh, dass es eine alkoholische Gärung ist, da war ich mir jetzt nicht ganz hundertprozentig sicher, aber/ Na, aber, eigentlich war ich mir ja schon ziemlich sicher (.) äh, dass da CO ₂ rauskommt. Also (.), da findet ja auch so was hier, ich glaube NADH oder NAD ⁺ wird gebildet, irgendwie bei einer Gärung. (..) Äh ja, und diese/ Was war noch? War das schon die Brenz/. Ja, da merke ich schon wieder so ein bisschen die Lücken. Brenztraubensäure entsteht ja auch, glaube ich, nach der alkoholischen Gärung. Ist ja auch eine Säure, da könnte sich ja auch durchaus was am pH-Wert ändern.
EE	Schule/	
	Studium (Bio)	B9 Fachspezifische Arbeitsweisen: „Ja, im Studium hatten wir Experimente in Mikrobiologie, die fand ich auch total cool. Und da hatten wir mal hier in Didaktik [...], auch hier in dem Raum. Das fand ich auch cool, diese ganzen Experimente, da haben wir auch experimentiert. Jetzt zur Hefe haben wir jetzt, glaube ich, nicht speziell so experimentiert, glaube ich, fällt mir jetzt gerade nicht ein. [...] Genau, das haben wir halt im Studium gehabt, dass man halt (unv). strukturierter vorgeht.“ Praktikum: „Ja, und dann hier im Praktikum. [...] Also, ja, grundsätzlich zum Ablauf von Experimenten.“
	Arbeit	Schülerlabor

V5 QUELLE ART

VW	Alltag	Äh, na gut, dann habe ich es jetzt mit Bier in Verbindung gebracht, aber/ oder mit generell alkoholischer Gärung.
	Schule	Gärung halt da (.), bei Stoffwechselprozessen
	Studium (Bio)	Biochemie, Mikrobiologie
EE	Schule	Experiment als Arbeitsweise
	Studium (Bio)	Tierphysiologie, Pflanzenphysiologie, Biochemie, LM3 Spezielle Themen des Biologieunterrichts „Die waren schon vorgegeben immer. Das war im Prinzip eher so ein Durchführen von einem vorgegebenen Experiment schon.“

V6 QUELLE ART

VW	Beruf	Ein Jahr Berufserfahrung im MPI: wir mussten halt da mal Hefezellen einsetzen zu Klonierung und / also Hefesuspensionen. Ich habe da molekularbiologisch (.) äh gearbeitet.
	Studium (Bio)	in Stuttgart hat/ hatten wir irgendwann im Grundsemester halt Thema Atmung und Gärung, aber hier (.) nicht.

EE	Studium (Bio)	Modul bei Hauke (FD)
	Studium (Che)	Kombimodul Chemiedidaktik
	Beruf	Schüler-Chemie-AG an einem Gymnasium

V7 QUELLE ART

VW	Alltag	backen
	Studium (Bio)	Mikrobiologie (Stoffwechsel von Zucker)
	Schule	Experimente zur Gärung (Hefe und Zucker)
EE	Studium (Bio)	Fachpraktische Studien (fachspezifische Arbeitsweisen)
	Studium (Che)	Viel Laborarbeit, viele Experimente

V8 QUELLE ART

VW		also mit Glykolyse und Gärung kenne ich mich halt aus, aber so, wie man mit Hefe umgeht und überhaupt, nicht
	Studium (Bio)	Mikrobiologie: Behandlung der einzelnen Mikroorganismen, Stoffwechselwege
	Studium (Che)	Alkohole
EE	Studium (Bio)	[Im Praktikum], da haben wir (..) ganz viele Experimente gemacht (eher geschlossen, Aber wir durften auch selber Experimente planen) Diplomstudium : viel im Labor gearbeitet

V9 QUELLE ART

VW	Studium	Experimentieren: Überall im Master
EE	Studium (Bio)	Klassisches „nach Rezept experimentieren“ (Biologie und Chemie) Bachelorarbeit Überall im Master, in allen Veranstaltungen
	Studium (Bio)	Schulorientiertes Experimentieren
	Beruf	Schülerlabor

V10	QUELLE	ART
VW	Alltag	Kuchenbacken
	Studium (Bio)	Mikrobiologie
EE	Studium (Bio)	Alles vorgegeben B9 Fachspezifische Arbeitsweisen: „wir hatten in einem Biodidaktik-Modul äh auch einen Teil, wo nicht alles vorgegeben war, aber größtenteils eigentlich doch“

V11	QUELLE	ART
VW	Alltag	ich mache manchmal Met zu Hause selber und dadurch habe ich auch so ein bisschen, so ein bisschen Nebenkenntnisse, noch was Hefe so braucht, oder was sie so macht
	Schule	Mikrobiologie
EE	Studium (Bio)	Mikrobiologie (vorgegeben)

Bisher erschienene Bände der Reihe

BIOLOGIE lernen und lehren

ISSN 2194-9808

- | | | | |
|---|---|--|-----------|
| 1 | Angela Sandmann,
Philipp Schmiemann
(Hrsg.) | Biologiedidaktische Forschung: Schwerpunkte
und Forschungsstände
ISBN 978-3-8325-4355-6 | 35.00 EUR |
| 2 | Nicole Wellnitz | Kompetenzstruktur und -niveaus von Methoden
naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung
ISBN 978-3-8325-3187-4 | 37.00 EUR |
| 3 | Lucia Kohlhauf | Spielend Biologisch Beobachten. Messung und
Förderung biologischer Beobachtungskompetenz
im Vorschulalter
ISBN 978-3-8325-3364-9 | 36.00 EUR |
| 4 | Christine Florian | Abituraufgaben im Fach Biologie.
Schwierigkeitsbestimmende Merkmale schriftlicher
Prüfungsaufgaben
ISBN 978-3-8325-3439-4 | 37.00 EUR |
| 5 | Sarah Sennebogen | Kooperatives Lernen mit Wettbewerb im Biologie-
unterricht. Entwicklung und Evaluation biologischer
Egg-Races als problem- und kontextorientierte
Unterrichtseinheiten mit Kleingruppenwettbewerb
ISBN 978-3-8325-3458-5 | 37.00 EUR |
| 6 | Moritz Krell | Wie Schülerinnen und Schüler biologische Modelle
verstehen: Erfassung und Beschreibung des
Modellverstehens von Schülerinnen und Schülern
der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-3471-4 | 38.50 EUR |
| 7 | Christina Burmeister | Lernen mit biologischen Beispielaufgaben:
Individuell und in Dyaden
ISBN 978-3-8325-3659-6 | 33.50 EUR |
| 8 | Shareen Baumann | Selbständiges Experimentieren und konzeptuelles
Lernen mit Beispielaufgaben in Biologie
ISBN 978-3-8325-3834-7 | 35.00 EUR |

- | | | |
|----|----------------------------|--|
| 9 | Benjamin Steffen | Negiertes Bewältigen. Eine Grounded-Theory-Studie zur Diagnose von Bewertungskompetenz durch Biologielehrkräfte
ISBN 978-3-8325-4043-2 43.50 EUR |
| 10 | Julia Arnold | Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen. Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe
ISBN 978-3-8325-4138-5 43.50 EUR |
| 11 | Maria Barbara Roeling | Konzeptuelles Wissen und Konzeptentwicklung in Biologie. Eine Längsschnittstudie
ISBN 978-3-8325-4188-0 39.50 EUR |
| 12 | Yvonne
Schachtschneider | Studieneingangsvoraussetzungen und Studienerfolg im Fach Biologie
ISBN 978-3-8325-4186-6 38.00 EUR |
| 13 | Monique Meier | Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern
ISBN 978-3-8325-4192-7 48.50 EUR |
| 14 | Anja Czeskleba | Bedeutung von biologischen Fachinformationen für das Lernen von Metamodeling Knowledge
ISBN 978-3-8325-4215-3 38.00 EUR |
| 15 | Kathrin Ziepprecht | Strategien und Kompetenzen von Lernenden beim Erschließen von biologischen Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen
ISBN 978-3-8325-4241-2 39.50 EUR |
| 16 | Meike Rous | Fachsprache im Biologieunterricht: Förderung von konzeptuellem Lernen und Textverstehen durch fachspezifisch-sprachsensible Aufgaben
ISBN 978-3-8325-4327-3 38.50 EUR |
| 17 | Mathias Trauschke | Biologie verstehen: Energie in anthropogenen Ökosystemen
ISBN 978-3-8325-4336-5 35.00 EUR |
| 18 | Doris Schmidt | Modellierung experimenteller Kompetenzen sowie ihre Diagnostik und Förderung im Biologieunterricht
ISBN 978-3-8325-4383-9 39.50 EUR |

- | | | |
|----|--------------------------------|---|
| 19 | Miriam
Brandstetter-Korinth | Abbildungen im Biologieunterricht
ISBN 978-3-8325-4390-7 43.50 EUR |
| 20 | Barnd Unger | Biologie verstehen: Wie Lerner mikrobiell induzierte
Phänomene erklären - Eine theoriegeleitete Entwicklung
von Lernangeboten im Rahmen der Didaktischen
Rekonstruktion
ISBN 978-3-8325-4515-4 37.00 EUR |
| 21 | Mariella Roesler | Der Einfluss motivationaler Faktoren bei der
Kompetenzmessung im Fach Biologie
ISBN 978-3-8325-4552-9 38.00 EUR |
| 22 | Margaretha Warkentin | Lehrerfortbildung und ihre Wirksamkeit im Fach Biologie
ISBN 978-3-8325-4652-6 35.50 EUR |
| 23 | Meta Kambach | Experimentierprozesse von Lehramtsstudierenden der
Biologie – Eine Videostudie
ISBN 978-3-8325-4669-4 48.50 EUR |

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN-Nummer direkt online (<http://www.logos-verlag.de>) oder per Fax (030 - 42 85 10 92) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.

In Zeiten, in denen die Komplexität gesellschaftlicher, politischer, wirtschaftlicher und technologischer Probleme zunehmend steigt, ist der Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung für die persönliche Meinungsbildung von zentraler Bedeutung. Hierzu gehört das Erlernen von naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden wie dem Experimentieren. Erkenntnisse zu experimentierspezifischen Kompetenzen zeigen, dass Lernende über unterschiedliche Vorstellungen bezüglich des Experimentierens verfügen. Diese zeigen sich in unterschiedlichen Vorgehensweisen, die mehr oder weniger stark von der Vorgehensweise in realer wissenschaftlicher Forschung abweichen. Ziel der vorliegenden Studie ist eine differenzierte Erfassung und Analyse individueller Prozessstrukturen sowie prozessbezogener Niveaustufen von Experimentierprozessen Lehramtsstudierender der Biologie. Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten Experimentierprozesse nicht, wie in idealisierten Modellen angenommen, einem linearen Prozessverlauf verlaufen, sondern wiederholte Wechsel zwischen den Experimentierphasen aufweisen. Insbesondere die Durchführung nimmt hier eine zentrale Stellung ein. Die Vernetzung der Experimentierphasen ist unterschiedlich ausgeprägt und steht in einem positiven Zusammenhang mit der Qualität eines Experimentierprozesses. Die prozessbezogenen Niveaustufen weisen Ausprägungen über alle Niveaus hinweg auf. Aus den Ergebnissen werden Hinweise zur Gestaltung von Unterricht und universitärer Lehre sowie Implikationen für die fachdidaktische Forschung abgeleitet.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-4669-4

ISSN 2194-9808