

Zusammenfassung

Vernetztes Lernen ist nicht nur aus bildungs- und lerntheoretischer Perspektive anzustreben, sondern wird auch seit 2005 mit der Einführung der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im naturwissenschaftlichen Unterricht bildungspolitisch eingefordert (KMK, 2005a).

Im Rahmen der hier vorgelegten Forschungsarbeit wird eine Feldstudie im Kontroll- und Interventionsgruppendesign vorgestellt, in der die Wirksamkeit einer integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichtskonzeption auf das vernetzte Erlernen des Energiekonzepts untersucht wurde. Für dieses Vorhaben konnte eine Kooperationsschule gewonnen werden, die ihr schulinternes Curriculum von einem traditionellen in die Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik differenzierten naturwissenschaftlichen Unterricht zu einem innovativen integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht mit nur einem Unterrichtsfach „*Naturwissenschaften*“ in der Doppeljahrgangsstufe 7/8 geändert hat. Als Kontrollgruppe fungierte der letzte Jahrgang, der an der Kooperationsschule in den Schuljahren 2017/18 und 2018/19 an fächerdifferenziertem naturwissenschaftlichem Unterricht teilgenommen hat. Zwei Interventionsgruppen wurden von den beiden darauffolgenden Jahrgängen der Kooperationsschule gebildet, die jeweils in den Schuljahren 2018/19 und 2019/20 bzw. 2019/20 und 2020/21 erstmals nach einer kollegial entwickelten integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichtskonzeption unterrichtet wurden.

Zur Untersuchung, in welcher Art und Weise und in welchem Maße die Schüler*innen das Energiekonzept vernetzt erlernt haben, wurden die Schüler*innen der Kontrollgruppe und der beiden Interventionsgruppen jeweils zu Beginn der 9. Jahrgangsstufe gebeten, ein Essay zum Energiekonzept zu verfassen. Die Essays der Schüler*innen wurden qualitativ-inhaltsanalytisch mit Hilfe eines eigens entwickelten und vorab erprobten dreidimensionalen Kategoriensystems untersucht, das die Rekonstruktion von Vernetzungsleistungen durch die multidimensionale Analyse begrifflicher Verknüpfungsstrukturen ermöglicht. Das Modell zur Analyse der Vernetzung von Begriffselementen (MAVerBE) wurde auf Grundlage theoretischer Anleihen deduktiv entwickelt und berücksichtigt die drei Strukturierungsdimensionen „*vertikales Vernetzungsniveau*“, „*horizontale Vernetzung*“ und „*fachliche Richtigkeit*“.

Die Befunde aus den Analysen von 132 Essays der Kontrollgruppe zeigen, dass die fächerdifferenziert unterrichteten Schüler*innen Begriffselemente des Energiekonzepts zwar mehrheitlich fachlich korrekt, jedoch überwiegend auf einem niedrigen vertikalen Vernetzungsniveau miteinander verknüpft haben. Die fächerdifferenziert unterrichteten Schüler*innen konnten durchaus – wenn auch nur in begrenztem Umfang – Begriffselemente des Energiekonzepts auch horizontal (fächerübergreifend) miteinander in Sinnzusammenhänge bringen.

Die Analyse von 141 Essays der ersten Interventionsgruppe hat – sowohl in der Einzelbetrachtung der drei Strukturierungsdimensionen „*vertikales Vernetzungsniveau*“, „*horizontale Vernetzung*“ und „*fachliche Richtigkeit*“ als auch in deren gemeinsamer Betrachtung – positive Einflüsse der integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichtskonzeption im Vergleich zu dem zuvor praktizierten fächerdifferenzierten naturwissenschaftlichen Unterricht an der Kooperationsschule auf das vernetzte Erlernen des Energiekonzepts offengelegt.

Die positiven Befunde der ersten Interventionsgruppe konnten durch die Analyse von 137 Essays der zweiten Interventionsgruppe in weiten Teilen bestätigt werden. Vor dem Hintergrund, dass der Unterricht der zweiten Interventionsgruppe in der Doppeljahrgangsstufe 7/8 erheblich von der SARS-CoV-2-Pandemie und den von der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin erlassenen Schutzmaßnahmen beeinflusst wurde, sind die Ergebnisse der zweiten Interventionsgruppe umso bemerkenswerter.

Im Rahmen der hier vorgelegten Forschungsarbeit wird damit meines Wissens erstmals der empirische Nachweis dafür erbracht, dass integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht – so wie es lerntheoretisch auch anzunehmen ist (Labudde, 2014) – ein stärker vernetztes Erlernen des Energiekonzepts ermöglichen kann.

Summary

Networking learning is not only desirable from an educational and learning theory perspective, but also politically demanded since the introduction of educational standards for the middle school diploma in science education in 2005 (KMK, 2005a). This thesis presents a field study in a treatment-control design, in which the effectiveness of an integrated science teaching approach on networking learning regarding the energy concept was examined. For this study, a cooperating school changed its school-internal curriculum from traditional, differentiated science education in the subjects of biology, chemistry, and physics to innovative, integrated science education with only one subject "*Natural Sciences*" in years 7 and 8. The last cohort at the cooperating school who participated in differentiated science education in the school years 2017/18 and 2018/19 served as the control group. Two treatment groups were formed by the following two cohorts at the cooperating school, who were taught according to a cooperatively developed integrated science teaching approach for the first time in the school years 2018/19 and 2019/20 or 2019/20 and 2020/21 respectively.

In order to investigate in what way and to what extent the students have established learning networks concerning the energy concept, the students of the control group and the two treatment groups wrote an essay on the energy concept at the beginning of year 9. I analyzed the student essays with a content-analysis procedure using a specifically developed and previously tested three-dimensional category system, which enables the reconstruction of networking achievements through the multi-dimensional analysis of structures regarding the linkage of terms. I developed the model for analyzing the linkage of terms (German acronym: MAVerBE) deductively on the basis of theoretical considerations. The MaverBE model takes into account the three structuring dimensions "*vertical linkage level*", "*horizontal linkage*" and "*correctness*".

The findings from the analysis of 132 control group essays show that the students who learned in a differentiated manner were able to link terms of the energy concept correctly, but mostly on a low vertical linkage level. The students who learned in a differentiated manner were observably – although only to a limited extent – able to link terms of the energy concept horizontally.

The analysis of 141 essays of the first treatment group revealed – both in the individual consideration of the three structuring dimensions "*vertical linkage level*", "*horizontal linkage*" and "*correctness*" and in their combined examination – a positive impact of the integrated science teaching approach on the networked learning of the energy concept compared to the previously practiced subject-differentiated science teaching at the cooperating school.

The analysis of 137 essays of the second treatment group largely confirms the positive findings of the first treatment group. Considering that the teaching in the second treatment group in years 7 and 8 was significantly influenced by the SARS-CoV-2 pandemic and the protective measures issued by the Senate Department for Education, Youth and Family Berlin, the results are all the more remarkable.

To the best of my knowledge, this is the first empirical evidence that an integrated science teaching approach – as can be assumed from a learning theory perspective (Labudde, 2014) – contributes to a more networked learning regarding the energy concept.

1 Einleitung

„Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.“

Aristoteles (384 - 322 v. Chr.)¹

Was macht erfolgreiches Lernen aus? Aus Sicht der pädagogischen Psychologie wird Lernen als Wissenserwerb verstanden, bei dem Wissensstrukturen *„konstruiert und modifiziert werden“* (Steiner, 2006, S. 164). Im Zuge der Wissenskonstruktion werden neue Wissens Elemente mit bereits vorhandenen Wissens Elementen verbunden. Die Akkumulation isolierter Wissens Elemente, bspw. durch das Auswendiglernen von Fakten, führt bestenfalls zu *„trägem Wissen“* (Renkl, 1996, S. 78), das in Anwendungssituationen nicht abgerufen werden kann. Um einen aktiven Zugriff auf erworbenes Wissen zu realisieren, *„sollte es möglichst mit zahlreichen Wissens Elementen in Verbindung stehen“* (Renkl, 2020, S. 9). Den Prozess der vielseitigen Verknüpfung von neuen Wissens Elementen mit bereits vorhandenen, bezeichnet man auch als *„Vernetzen“* (Renkl, 2020, S. 9). Mit Blick auf das Eingangszitat von Aristoteles lässt sich also festhalten, dass qualitativ hochwertiges Wissen (als Ganzes) mehr als die Summe seiner Wissens Elemente (Teile) ist – die Vernetzung von Wissens Elementen bestimmt die Qualität unseres Wissens und Könnens.

Die herausragende Bedeutung von vernetztem Lernen ist sowohl aus bildungstheoretischer (u. a. Klafki, 2007; Weinert, 2000) als auch aus lerntheoretischer Perspektive (u. a. Gagné, 1970; Ausubel, 1974; s. Abschn. 2.1.1) facettenreich begründet und wird auch bildungspolitisch gefordert. Mit der Einführung der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im Jahr 2005 wurde das vernetzte Lernen explizit als Bildungsziel formuliert (Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK), 2005a). Um dieses übergeordnete Bildungsziel zu erreichen, wurden sogenannte *„Basiskonzepte“* in den Bildungsstandards für die Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik implementiert (Demuth et al., 2005; KMK, 2005b-d). Dadurch haben Basiskonzepte bundesweit in die landesspezifischen Rahmenlehrpläne der Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik Einzug gehalten (s. bspw. Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin (SenBJF) & Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Brandenburg (MBS), 2015a-c).

Basiskonzepte, wie das Energiekonzept, ebnen den Weg sowohl fachimmanente als auch fächerübergreifende Wissens Elemente vielfältig individuell und doch intersubjektiv zu Konzepten (Begriffsnetzen) zu verknüpfen (s. Kap. 2.1 und Kap. 2.2).

¹ Anmerkung: Dieses bekannte Zitat stellt eine starke Verkürzung der Ausführungen von Aristoteles dar. In seiner Metaphysik führt Aristoteles aus: *„Dasjenige, was so zusammengesetzt ist, daß (sic!) das Ganze eines ist, nicht wie ein Haufen, sondern wie eine Silbe, ist nicht nur seine Elemente. Die Silbe nämlich ist nicht einerlei mit ihren Elementen (Buchstaben), das ba nicht einerlei mit b und a, [...]“* (übersetzt nach Bonitz & Seidel, 2009, S. 77).

Obwohl aus lerntheoretischer Perspektive anzunehmen ist, dass fächerübergreifende Unterrichtsformen vernetztes Lernen unterstützen (Labudde, 2014), wurde mit der Einführung der Bildungsstandards auf die Integration der Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik in ein Unterrichtsfach „*Naturwissenschaften*“ verzichtet. Dieser Umstand als Status quo erscheint verwunderlich, da ein integriertes Unterrichtsfach „*Naturwissenschaften*“ in einigen Nachbarländern (wie z. B. den Niederlanden und der Schweiz) oder auch in angelsächsischen Ländern (z. B. den USA) gängige Praxis ist (Rehm et al., 2008, S. 103). Darüber hinaus ließe sich ein Unterrichtsfach „*Naturwissenschaften*“ auch bildungs- und wissenschaftstheoretisch begründen (u. a. Rehm et al., 2008). Der Umstand des Verzichts auf die Integration der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer in ein gemeinsames Unterrichtsfach ist mit der festen Verankerung des Fachprinzips in der deutschen Bildungstradition zu erklären (u. a. Huber, 2001). Diese feste Verankerung des Fachprinzips hat zur Folge, dass *„eher [...] ein neues Fach geformt (z. B. Arbeitslehre) oder ein allgemeines Unterrichtsprinzip gemacht (z. B. Umweltbildung) [wird], als dass deswegen Fächer in einem übergreifenden Problemzusammenhang aufgehoben oder in ihm eingeschmolzen würden“* (Huber, 2001, S. 307).

Exemplarisch ist das von Huber (2001) beschriebene Vorgehen an der Empfehlung der KMK und der Deutschen UNESCO-Kommission (DUK) zur *„Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule“* zu erkennen (KMK & DUK, 2007). Obgleich die KMK und die DUK herausstellen, dass *„sich im Primarbereich das interdisziplinär angelegte Fach Sachunterricht hervorragend für die Vermittlung von BNE-Themen eignet“* (KMK & DUK, 2007, S. 4), sollen fächerübergreifende und interdisziplinär zu lösende Probleme im Kontext von BNE in der Sekundarstufe I disziplinär gesplittet und in den verschiedenen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern unterrichtet und von Jugendlichen internalisiert werden. Ein Blick auf die gegenwärtig virulenten Geschehnisse – Klafki (2007, S. 56 ff.) spräche von *„epochaltypischen Schlüsselproblemen“* der Menschheit – verdeutlicht, dass es keinen Mangel an Problemzusammenhängen gäbe, die eine multiperspektivische Bearbeitung am besten in *einem* Unterrichtsfach „*Naturwissenschaften*“ rechtfertigen und geradezu erforderlich machen. Als Beispiele hierfür können die Energieversorgungskrise, der Klimawandel, die Ressourcenknappheit, die SARS-CoV-2-Pandemie, die Müllproblematik und vieles mehr angeführt werden.

Zur Verteidigung des fächerdifferenzierten naturwissenschaftlichen Unterrichts ist jedoch zu konstatieren, dass die eingangs erwähnte lerntheoretische Annahme der Förderung vernetzten Lernens durch fächerübergreifende Unterrichtsformen noch nicht empirisch belegt ist (Labudde, 2014, S. 18). Daraus ergibt sich ein bedeutsames Desiderat, das ich im Rahmen dieser Forschungsarbeit aufgreifen möchte.

Das Ziel meiner Forschungsarbeit ist es, zunächst zu untersuchen, wie es um das vernetzte Lernen der Schüler*innen im fächerdifferenzierten naturwissenschaftlichen

Unterricht der Doppeljahrgangsstufe 7/8 an einem Gymnasium in Berlin bestellt ist. Anschließend versuche ich aufzuklären, welchen Einfluss die Integration der Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik in ein Fach „*Naturwissenschaften*“ auf das vernetzte Lernen von Schüler*innen derselben Doppeljahrgangsstufe ausübt.

Dabei werde ich meine Forschung an die Implementation des Basiskonzepts Energie knüpfen. Die Auswahl des Basiskonzepts Energie begründe ich damit, dass das erfolgreiche (vernetzte) Erlernen dieses Konzepts ein anerkanntes Bildungsziel darstellt. Das Energiekonzept wurde in mehreren curricularen Delphi-Studien zu den wünschenswerten Themen physikalischer Bildung (Häußler et al., 1988), chemiebezogener Bildung (Bolte, 2003a;b) und naturwissenschaftlicher Grundbildung (Schulte & Bolte, 2016; Schulte, 2017) von Expert*innen aus bildungs- und naturwissenschaftsbezogenen Kontexten auf nationaler Ebene wie auch auf internationaler Ebene (Gauckler et al., 2015; Bolte & Gauckler, 2018) als bedeutsam herausgestellt.

Aus den Überlegungen dieses Forschungsprogramms ergibt sich der nachfolgend skizzierte Aufbau meiner Forschungsarbeit.

Im Theorieteil werde ich zunächst den Zusammenhang zwischen vernetztem Lernen und der Begriffsbildung durch Verknüpfung begrifflicher Elemente herausarbeiten (s. Kap. 2.1). Auf dieser Grundlage werde ich das besondere Potenzial des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Förderung des vernetzten Lernens zentraler naturwissenschaftlicher Begriffe, wie dem Energiebegriff, verdeutlichen (s. Kap. 2.2). Anschließend werde ich Verfahren und Methoden zur Analyse der Wissensvernetzung durch die Untersuchung begrifflicher Verknüpfungsstrukturen aus der Forschungsliteratur vorstellen sowie Stärken und Schwächen diskutieren (s. Kap. 2.3). Zum Abschluss des Theorieteils werde ich theoriegeleitet auf Grundlage herausgearbeiteter Erkenntnislücken meine Forschungsfragen formulieren und begründete Forschungshypothesen aufstellen (s. Kap. 2.4).

Im Methodenteil werde ich zunächst das Design der Studie zur Beantwortung der Forschungsfragen begründen (s. Kap. 3.1). Im Anschluss werde ich über die kollegial getragene Konzeption eines Curriculums für einen integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht berichten (s. Kap. 3.2). Außerdem werde ich die Wahl der Methode und den Aufbau des Befragungsinstruments rechtfertigen (s. Kap. 3.3) sowie die qualitativen (s. Kap. 3.4) und quantitativen Verfahren zur Auswertung der Daten (s. Kap. 3.5) darlegen.

Im vierten Teil meiner Arbeit werde ich zunächst die Stichprobe beschreiben (s. Kap. 4.1). Im Anschluss werde ich die Ergebnisse aus den qualitativen und quantitativen Analysen zur Wissensvernetzung der Schüler*innen im Energiekonzept vorstellen. Dazu werde ich mich in Bezug auf die Gliederung der Ergebnisdarstellung an den drei Arbeitsaufträgen des Befragungsinstruments orientieren. Zunächst werde ich die Ergebnisse aus den Analysen der Schüler*innenantworten zu den ersten beiden unterstützenden Arbeitsaufträgen beschreiben (s. Kap. 4.2). Im Anschluss

werde ich die Ergebnisse aus den Analysen der Schüler*innenantworten zum dritten und zentralen Arbeitsauftrag darlegen (s. Kap. 4.3) und zunehmend ausdifferenzieren (s. Kap. 4.4).

Die Diskussion der Ergebnisse und deren Bewertung vor dem Hintergrund der vorhandenen Forschungsliteratur (s. Kap. 5.1 und 5.2) und einer kritischen Reflexion der gewählten Methodik (s. Kap. 5.3) werde ich im fünften Teil meiner Arbeit anstellen. Anschließend werde ich meine Forschungsfragen unter Rückbezug auf die im Theorieteil begründet formulierten Forschungshypothesen beantworten (s. Kap. 5.4) und den Diskussionsteil mit einer Zusammenfassung (s. Kap. 5.5) schließen.

Im sechsten und letzten Teil dieser Arbeit werde ich einen Ausblick für weiterführende und vertiefende Forschungsfragen eröffnen, die sich aus den Ergebnissen dieser Arbeit ergeben und denen in zukünftigen Forschungsarbeiten nachgegangen werden kann.