

Sachstrukturen von Wärmelehre-Lehrgängen in Physikschulbüchern

Motivation und Zielsetzung des Projektes

Kontextorientierung im Physikunterricht hat sich als gute Basis erwiesen, um das Interesse der Schülerinnen und Schüler zu fördern (Nawrath 2010, Duit & Mikelskis-Seifert 2007). Für die Lernwirksamkeit lassen sich bisher aber keine eindeutigen Schlüsse ziehen (Löffler, Pozas & Kauertz 2018, Watzka & Girwidz 2015). Ein wichtiger Beitrag in der Etablierung von Kontexten im Physikunterricht sind die Rahmenkontexte von Muckenfuß (1995). Basierend auf diesen wird im Rahmen eines Dissertationsprojektes der Wärmelehre-Unterricht der Sek. 1 in Österreich in den von Muckenfuß vorgeschlagenen Rahmenkontext „Wetter und Klima“ eingebettet werden. Aufgrund des stattfindenden Klimawandel-Diskurs erhält der gewählte Rahmenkontext einen aktuellen Bezug und findet vermehrt im Schulunterricht Einzug. Die Lernwirksamkeit sowie die Entwicklung von Motivation und Interesse der Schülerinnen und Schüler bei Einsatz des adaptierten Lehrganges soll untersucht werden. Aus den Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse und eine Einschätzung hinsichtlich des „sinnstiftenden“ Einsatzes dieses kontextorientierten Lehrganges ziehen.

Forschungsdesign des Dissertationsprojektes

Das angestrebte Dissertationsprojekt folgt dem Ansatz einer fachdidaktischen Entwicklungsforschung. In einem ersten Schritt werden die Sachstrukturen der Wärmelehre-Lehrgänge weit verbreiteter österreichischer Schulbücher der Sek. 1 sowie jene der kontextorientierten Lehrgänge von Muckenfuß (und anderen) analysiert und gegenübergestellt. Da Schulbücher die Struktur und die Planung des Physikunterrichts maßgeblich beeinflussen (Merzyn 1994, Härtig 2010), kann eine mögliche Sachstruktur des stattfindenden Unterrichts konstruiert werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die repräsentierten Lehrgänge somit auch die Sachstruktur des Unterrichts beeinflussen. Eine weitreichende Analyse der Tiefenstruktur nimmt die Erklärungsstränge und Grundideen der Lehrgänge in den Fokus. Darauf aufbauend wird die Adaptierung des Rahmenkontextes entwickelt. Die dabei entstehenden Materialien und Erklärungssträngen werden anschließend mithilfe qualitativer Methoden auf ihren möglichen Einsatz hin überprüft und analysiert. Für die Evaluation ist eine quantitative Erhebung geplant. Im vorliegenden Beitrag wird nur auf die Konstruktion von Sachstrukturen eingegangen. Als Forschungsfragen wurde hierfür gewählt:

Fragestellungen – Makroebene

- F1. Inwiefern unterscheidet sich die in den Concept Maps repräsentierte Sachstruktur der ausgewählten Lehrgänge?
F2. Welchen Inhalten wird in den jeweiligen Lehrgängen besondere Bedeutung beigemessen?

Methodischer Rahmen der Schulbuchanalyse

In den letzten Jahrzehnten hat sich das Concept Mapping in der fachdidaktischen Forschung etabliert. Neben dem Einsatz als Analyse- und Diagnoseinstrument von Lernprozessen und Schülervorstellungen (Fischler und Peuckert 2000), findet diese und ähnliche Vorgehensweisen auch in der Analyse von Sachstrukturen von Lehrtexten und Lehrbüchern Anwendung (Härtig 2010, Roseman et al. 2010), gleichwohl die Bestimmung der Validität und Reliabilität des Concept Mapping noch weiterentwickelt werden muss (Plotz, 2017).

Design der Schulbuchanalyse

Angelehnt an die Vorgehensweise von Härtig (2010) wird zunächst mithilfe von Concept Maps die Sachstruktur auf der Makroebene dargestellt und diese anschließend auf ausgewählte Strukturmaße (Bonato 1990, Friege & Lind 2000, Härtig 2010) sowie die übereinstimmende bzw. differierende Auswahl an Fachinhalten untersucht.

Dazu wurde jedes Schulbuch im ersten Analyseschritt mithilfe eines Kodierleitfadens je Doppelseite hinsichtlich der darin enthaltenen zentralen Fachinhalte (Fachbegriffe/ Fachphrasen) betrachtet und diese anschließend in ein vorgefertigtes Raster eingetragen, sodass deren Abfolge im Fließtext erkennbar bleibt. Aus diesem Raster wurde eine Concept Map mit den kodierten zentralen Fachinhalten als Konzepte angefertigt. Als Beschriftung der Pfeile wurden die Nummerierungen der Doppelseite aus dem Raster gewählt, wodurch in den Verbindungen die chronologische Abfolge (ähnlich zu Sumfleth & Tiemann, 2000) im Schulbuch repräsentiert ist (Abb. 1). Aufgrund der unterschiedlichen Lehrpläne zwischen Österreich und Deutschland wurden für die österreichischen Schulbücher all jene Jahrgangsbände herangezogen, die Inhalte aus den Lehrgängen von Muckenfuß abbilden, und die entsprechenden Doppelseiten kodiert und sowohl in der Nummerierung als auch Farbe der Verbindungen differenziert dargestellt. Diese Unterscheidung zeigt Abb. 1 exemplarisch in einem Ausschnitt einer entstandenen Concept Map.

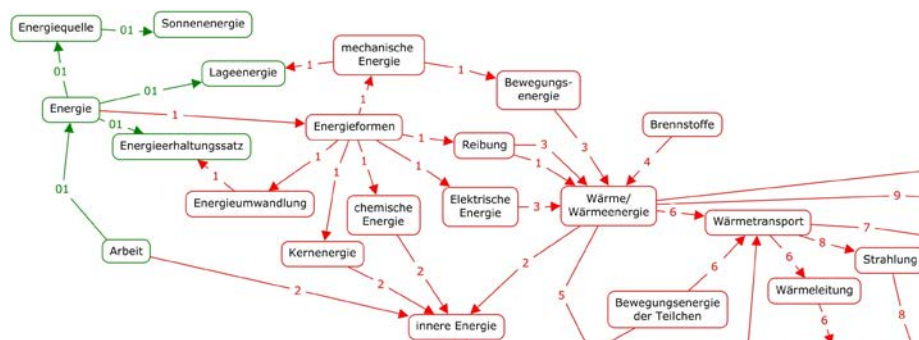


Abb. 1 Ausschnitt aus der Concept Map mit den zentralen Fachinhalten des Schulbuches Expedition Physik (Band 2 in grün und Band 3 in rot); erstellt mit CmapTools¹

Erste Ergebnisse und Interpretationen der Schulbuchanalyse

Für die Analyse der Schulbuchseiten und das Eintragen in das Raster konnte eine zufriedenstellende Interrater-Reliabilität von $\kappa = 0.75$ erreicht werden. In den verglichenen Concept Maps wurden 87,7% der Konzepte bezüglich der Reihenfolge ident verknüpft.

In Tab. 1 wird die Auswertung der Concept Maps hinsichtlich der repräsentativen ausgewählten Strukturmaße angeführt. Daraus und aufgrund von ergänzenden Auswertungen lassen sich folgende zusammenfassende Aussagen tätigen:

Ad F1: Die Concept Maps sind ähnlich vernetzt, da die Komplexität² und der gemittelte Wert des „Grad des Konzepts“³ bei allen Büchern in einem ähnlichen Bereich liegen (Tab.1). Des Weiteren überwiegen die stark vernetzten Begriffe, da diese einen Anteil zwischen 25,5% (Expedition Physik) und sogar 40,3 % (Physik interaktiv) aller dargestellten Begriffe einnehmen. Der Anteil der einzeln verknüpften Begriffe liegt in allen Fällen unter jenen der

¹ <https://cmap.ihmc.us/>

² Verhältnis zwischen „Anzahl der Konzepte“ und „Anzahl der Verbindungen“

³ Hierfür werden alle ein- und ausgehenden Verbindungen auf die Anzahl der Konzepte bezogen.

stark vernetzten Begriffe, was wiederum eine starke Vernetzung als Interpretation unterstützt (Tab. 1).

Ad F2: Die fünf häufigsten Begriffskonzepte je Concept Map sind in Tab 1. abzulesen (grau hinterlegt). Erwartungsgemäß nimmt der Begriff *Wärme* (österreichische Schulbücher) bzw. *Thermische Energie* eine zentrale Rolle ein. Generell verwenden die Schulbuchautoren sehr unterschiedliche Fachbegriffe, wodurch eine unterschiedliche Gewichtung der zentralen Fachinhalte deutlich wird. In den Concept Maps stimmen nur 7 Konzepte in allen fünf untersuchten Schulbüchern wörtlich überein, wobei sich die Auswahl der Begriffe mit zentraler Bedeutung in den österreichischen Schulbüchern deutlicherdeckt: 47,5% (Physik heute) - 52,73% (Expedition Physik) der identifizierten zentralen Fachinhalte werden in allen drei österreichischen Schulbüchern repräsentiert. Aufgrund der unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen durch die unterschiedlichen Jahrgänge differieren die verwendeten Fachbegriffe in den beiden deutschen Schulbüchern in einem höheren Ausmaß als erwartet. Werden die Begriffe jedoch innerhalb der Concept Map qualitativ zu Clustern zusammengefasst, können 5 Großthemen in allen Schulbüchern identifiziert werden: *Energie, Energieumwandlungen, Teilchenebene, Zustände* und *Transportvorgänge*.

Strukturmaß	Physik interaktiv	Natur und Technik	Expedition Physik	Physik heute	Physik verstehen
Anzahl der Konzepte	67	70	55	61	57
Anzahl der Verbindungen	114	114	85	92	99
Komplexität	1,70	1,63	1,55	1,51	1,74
Max. Grad der Konzepte (Konzept)	15 (Thermische Energie)	11 (Temperatur)	11 (Aggregatzustandsänderung)	12 (Wärme)	14 (Wärme)
zweit- bis fünft-häufigstes Konzept	Energietransport, Teilchenbewegung, Temperatur, Energie	Luftdruck, Energieumwandlung, Thermische Energie, Gasdruck	Wärme, Temperatur, Energieformen, innere Energie	Zustandsformen, Teilchenbewegung, Energie, Temperatur	Teilchen, Aggregatzustände, Wärmeabgabe, Wärmeaufnahme
Grad des Konzeptes (Mittelwert)	3,39	3,26	3,09	2,98	3,51
Anzahl zentraler Konzepte mit Grad ≥ 4	27 (40,3 %)	22 (31,4 %)	14 (25,5 %)	17 (27,9 %)	24 (42,1 %)
Anzahl der Konzepte mit Grad = 1	19 (28,4 %)	11 (15,7 %)	10 (18,2 %)	18 (29,5 %)	13 (22,8 %)

Tab.1: Für die Analyse ausgewählte Strukturmaße nach den Schulbüchern sortiert⁴

Ausblick

Aus der Erstanalyse der Concept Maps ergibt sich der Schluss, dass diese die Vernetzung gut abbilden, jedoch aussagekräftige Unterschiede in den Lehrgängen auf dieser groben Ebene noch nicht deutlich werden. Die nun folgende detaillierte Tiefenstrukturanalyse, die insbesondere die Erklärungsstränge in den Fokus nimmt, soll diese Lücke schließen und auch die gemeinsamen Erklärungsstränge und Grundideen in den kontextorientierten Lehrgängen sichtbar machen. Ein weiterer erwarteter Befund der vertiefenden Analyse ist die Identifikation von sinnvollen Anknüpfungspunkte und deutlichen Neuerungen im Vergleich zu den in Österreich bestehenden Lehrgängen, welche der zu entwickelnden Lehrgang mit dem Rahmenkontext „Wetter und Klima“ verwirklichen könnte.

⁴ Die Prozent-Angaben in Tab. 1 beziehen sich immer auf die Gesamtanzahl der Konzepte je Concept Map.

Literatur

- Bonato, M. (1990). Wissensstrukturierung mittels Struktur-lege-Techniken. Eine graphentheoretische Analyse von Wissensnetzen. Frankfurt am Main: Verlag Peter Lang GmbH
- Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (2007). Kontextorientierter Unterricht. Wie man es einbettet, so wird es gelernt. In: Kontextorientiert Unterrichten. Unterricht Physik, 18 (98), 4-8
- Fischler, H. & Peuckert, J. [Hrsg.] (2000). Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie. Berlin: Logos
- Friege, G. & Lind, G. (2000). Begriffsnetze und Expertise. In H. Fischler & J. Peuckert (Hrsg.), *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie* (S. 147-178). Berlin: Logos
- Härtig, H. (2010). Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests. Berlin: Logos
- Löffler, P., Pozas, M. & Kauertz, A. (2018). How do students coordinate context-based information and elements of their own knowledge? An analysis of students' context-based problem-solving in thermodynamics. In: *International Journal of Science Education*, 40 (16), 1935-1956
- Mierzyn, G. (1994). Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Kiel: IPN
- Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Berlin: Cornelsen Verlag
- Nawrath, D. (2010). Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht. Oldenburg: Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion
- Plotz, T. (2017). Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Berlin: Logos
- Roseman, J., Stern, L. & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (1), S. 47-70
- Sumfleth, E. & Tiemann, R. (2000). Own Word Mapping – Ein alternativer Zugang zu Schülervorstellungen. In H. Fischler & J. Peuckert (Hrsg.), *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie* (S. 179-203). Berlin: Logos
- Watzka, B. & Girwidz, R. (2015). Einfluss der Kontextorientierung und des Präsentationsmodus von Aufgaben auf den Wissenserwerb und die Transferleistung physikalischer Inhalte. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21, 187-206

Verwendete Schulbücher:

- Aschauer, W., Haim, K. & Kloimböck, C. (2018). Expedition Physik 2 und Expedition Physik 3. Wien: Verlag E. DORNER GmbH
- Fürnstahl, H. & Wolfbauer, M. (2014). Physik heute 2 und Physik heute 3. Linz: VERITAS-VERLAG
- Heepman, B., Muckenfuß, H., Pollmann, M. & Schröder, W. (2012). Natur und Technik. Physik für Realschulen Klasse 9/10. Nordrhein-Westfalen. Berlin: Cornelsen Verlag
- Mašin, C. & Grois, G. (2019). Physik verstehen 2 und Physik verstehen 3. Wien: öbv
- Muckenfuß, H. und Nordmeier, V. [Hrsg.] (2009). Physik interaktiv. Natur und Technik – Ausgabe A. Berlin: Cornelsen Verlag