

MARION HAUGWITZ UND ANGELA SANDMANN

Kooperatives Concept Mapping in Biologie: Effekte auf den Wissenserwerb und die Behaltensleistung

Collaborative concept mapping in biology education and its influence on achievement and retention

Zusammenfassung

Ausgehend von den Defiziten deutscher Schüler in der Wissensanwendung und dem vernetzten Wissen im naturwissenschaftlichen Unterricht (siehe PISA) stellt sich die Frage nach deren Ursache. Unter der Annahme, dass die stark vernetzte Struktur der Naturwissenschaften im Unterricht nicht ausreichend abgebildet wird, werden in dieser Studie kooperativ zu erstellende Concept Maps als Lernhilfe eingesetzt und ihre Wirkung auf den Wissenserwerb und die Behaltensleistung bezüglich rein inhaltlichem und anwendungsorientiertem Wissen sowie dem eingesetzten Aufgabenformat (geschlossen bzw. halboffen) untersucht. In einer Interventionsstudie mit 248 Achtklässlern des Gymnasiums, die sich auf eine Kontrollgruppe (Zusammenfassung schreiben) und eine Treatmentgruppe (Concept Mapping) aufteilen, wird das Wissen zum Themenbereich Herz und Blutkreislauf erfasst, nachdem die Schüler zuvor Funktionsmodelle zu diesem Thema erstellt haben. Die Ergebnisse der Studie indizieren die Lernförderlichkeit von kooperativ erstellten Concept Maps gegenüber dem Schreiben von Zusammenfassungen. Es werden Ursachen für die unterschiedlichen Effekte für das Lernen und Behalten von Fachwissen und Anwendungen sowie die Abhängigkeit der Effekte vom Testformat diskutiert.

Schlüsselwörter: Concept Mapping, Lernhilfe, Leistung, Aufgabenformat

Abstract

International school assessment tests like PISA evidence bad results of German students in application, transfer and linkage of knowledge. This may result from the highly complex and linked structure of science. Science education seems to fail to teach students this structure. Therefore, in this study, collaborative concept maps were used to assist learning, understanding, and achievement. Achievement was measured for topic-specific knowledge and transfer knowledge, and in dependence of the used test format (multiple choice test or short answer format test). An intervention study with 248 eighth graders was conducted with the given task to build physical models of the heart and the blood circulation. After the modelling process, students participated in a collaborative summary phase; students in the control group wrote essays while students in the treatment group generated concept maps. Analyses indicate that collaborative concept mapping fosters achievement and understanding. Results are discussed with regard to knowledge and knowledge application as well as the used test format.

Keywords: Concept mapping, learning aid, achievement, test format

1 Einleitung

Internationale Schulleistungsuntersuchungen wie PISA und TIMSS zeigen beachtliche Defizite im Wissenserwerb, der Wissensanwendung und dem vernetzten Wissen deutscher Schüler in den naturwissenschaftlichen Fä-

chern auf. Als mögliche Ursachen hierfür können verschiedene Faktoren diskutiert werden. Zum einen können motivationale Aspekte als Prädiktor wirken, die Gestaltung des Unterrichts ist als möglicher Ursachenfaktor denkbar, aber auch die hoch komplexe Struktur der Naturwissenschaften,

welcher der Unterricht kaum gerecht werden kann, ist wahrscheinliche Ursache dieser Sachlage. Als ein experimentell gut zu variierender Faktor wird in dieser Studie an der Förderung der Vernetzung von Fachhalten angesetzt.

Die Naturwissenschaften, insbesondere die Biologie, zeichnen sich durch die Betrachtung vielfältiger, funktionell in Zusammenhang stehender Systemebenen aus. Die Biologiewissenschaften versuchen die hohe Komplexität lebender Systeme auf ihren Organisationsebenen zu beschreiben und zu erklären. Biologische Sachverhalte bestehen aus einer Reihe komplex verknüpfter Konzepte (Schmid & Telaro, 1990), die es zum Aufbau einer adäquaten Sachstruktur sinnvoll zu verknüpfen gilt. Die Schulbiologie hingegen kann der komplexen Verknüpfungsstruktur oft nicht gerecht werden und besteht daher häufig aus einer Reihe unverknüpfter Informationseinheiten (Kinchin, Hay & Adams, 2000). Um die Vielzahl biologischer Verknüpfungen im Unterricht zu verdeutlichen, bietet sich der Einsatz verschiedener Lernhilfen an. In der vorliegenden Studie soll untersucht werden, ob die Leistung mittels Concept Maps gefördert werden kann.

2 Concept Maps

Ein häufig in der naturwissenschaftlichen Unterrichtsforschung eingesetztes Instrument sind Concept Maps (Fischler & Peuckert, 2000a) – Begriffsnetze, die aus durch Relationen verbundenen Begriffen bestehen. Eine Relation gibt dabei den Zusammenhang zwischen zwei Begriffen an.

Ende der 60er Jahre als Diagnoseinstrument von Novak entwickelt, wurde das Arbeiten mit und das Erstellen von Concept Maps bald auch als Lehr- und Lernstrategie erkannt und geschätzt. Concept Maps sollen Lernende beim Wissenserwerb und Aufbau von Konzepten unterstützen (Novak, 1990; Novak & Gowin, 1984; Sumfleth, 1988), da Lernende die Möglichkeit bekommen, ko-

gnitive Vernetzungen explizit aufzubauen. Concept Maps bieten sich für verschiedenste Lerngruppen an (Kinchin et al., 2000) und werden in schulischen und universitären Lehr- und Lernsituationen als auch in der didaktischen Forschung genutzt (Dahnke, Fuhrmann & Steinhagen, 1998; Fischler & Peuckert, 2000b; Lawless, Smee & O'Shea, 1998; Wadouh, 2007).

In der Literatur werden vier Anwendungsgebiete für Concept Maps unterschieden: Curriculumsentwicklung und Unterrichtsplanung, Lehrmittel, Diagnoseinstrument und Lernhilfe (vgl. Lawless et al., 1998; Mandl & Fischer, 2000a; Stracke, 2004). Werden Concept Maps im Unterricht als Lernhilfe eingesetzt, so können damit unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Lernende können sich aufgrund der übersichtlichen Struktur von Concept Maps Wissen strukturieren und dieses repräsentieren, andererseits können sie beim Lesen oder Konstruieren von Concept Maps auch Wissensstrukturen durchdringen und Wissen aufbauen.

Zahlreiche Studien haben sich mit dem Concept Mapping in verschiedenen Einsatzmöglichkeiten (Experten-Maps, Lücken-Maps, selbst generierte Maps) befasst. Fischler und Peuckert (2000a) werfen drei zur Gestaltung von selbst generierten Concept Maps entscheidende Fragen auf: Ob die Begriffe (1) vorgegeben, (2) vorweg platziert und ob (3) die Relationen vorgegeben werden sollen. Indem die Begriffe den Lernenden vorgegeben werden und diese sich nicht mit der Begriffswahl auseinandersetzen müssen, scheint die Aufgabe (ein Concept Map zu erstellen) erleichtert zu werden. Allerdings könnte dies die Schüler auch daran hindern, eigene und möglicherweise andere Begriffe zu wählen, die zu einem vielfältigeren Begriffsspektrum führen könnten. Weiterhin könnte gerade das Finden der Konzepte eine gewünschte Anforderung darstellen (Bjork, 1994), die in Einklang mit dem Generationeneffekt eher von Vorteil sein könnte (Bertsch, Pesta, Wiscott & McDaniel, 2007). Schüler, die selbst über die Auswahl der Begriffe nachdenken müssen, sind mögli-

cherweise kognitiv stärker aktiv und lernen oder behalten durch die höhere Eigenaktivität mehr. Die Platzierung der Begriffe gibt eine Struktur vor, die einerseits hilfreich sein kann, wenn noch wenig über die Inhalte bekannt ist, andererseits aber auch wieder die Möglichkeiten der Lernenden einschränkt. Bezüglich der Vorgabe von Relationen stellen Fischler und Peuckert (2000a) fest, dass dadurch die gestellte Aufgabe verändert wird. Während die Schüler bei einer Vorgabe der Relationen eine Struktur aus ausgewählten Begriffen und Relationen bilden sollen, müssten sie ohne die Vorgabe der Relationen intensiv über eine Auswahl der Relationen nachdenken, um die Verbindungslinien zwischen den Konzeptbegriffen angemessen beschriften zu können (Sumfleth & Tiemann, 2000).

2.1 Concept Maps als Lernhilfe

Unter der Perspektive der Lernhilfe betrachtet, bieten Concept Maps vielfältige Möglichkeiten. Sie können dazu dienen, Inhalte zu wiederholen, zu elaborieren, zu transferieren und organisieren (siehe Kinchin et al., 2000; Mandl & Fischer, 2000b). Um gelernte Fachinhalte zu wiederholen, können entweder vorgefertigte Concept Maps, sogenannte Experten Concept Maps genutzt werden oder auch eigenständig Concept Maps erstellt werden. Bei einer eigenständigen Erstellung von Concept Maps können neue Begriffe mit bereits in der Gedächtnisstruktur verankerten Begriffen in Beziehung gesetzt werden und somit kann neues Wissen in bereits bestehende Wissensstrukturen integriert werden. Schließlich können bei der Erstellung von Concept Maps Informationen gruppiert und miteinander in Verbindung gebracht werden, wodurch der Lernstoff strukturiert und organisiert wird.

Concept Maps basieren auf konstruktivistischen Theorien, die davon ausgehen, dass der Lernende sich aktiv im Lernprozess Wissen generiert. Gemäß Ausubels Lerntheorie (Ausubel, 1968) erfolgt Lernen durch die

Verknüpfung von neuen Inhalten mit bereits vorhandenem Wissen. Die kognitiven Prozesse beim Erstellen eines Concept Maps werden in engem Zusammenhang mit den konstruktivistischen Ansätzen und der damit verbundenen großen Bedeutung des Vorwissens der Lernenden zur Verankerung neuer Informationen gesehen. Um den Erwerb von Fachwissen zu unterstützen und bedeutungsvolles Lernen zu fördern, bieten sich Concept Maps als Lernhilfe an. Mandl und Fischer (2000b) schlagen hierzu folgende Vorgehensweise vor: Zunächst sollten die Lernenden in die Technik eingeführt werden, um sich anschließend eigenständig Inhalte erarbeiten zu können.

Die Lernhilfe Concept Mapping wurde in verschiedenen Kontexten wie z. B. Politik, Wirtschaft und Bildung eingesetzt (Cañas, 2003) und kommt vermehrt in der naturwissenschaftlichen Forschung zur Anwendung (Fischler & Peuckert, 2000a). Aufgrund der Komplexität von Naturwissenschaften mit einer Fülle von Konzepten und komplexen Relationen erweist sich der Einsatz von Concept Maps hier als geeignet. Für die Biologie vermuten Schmid und Telaro (1990), dass Schüler sich in dem komplexen Gebiet dieser verlieren und die Konzepte nicht ausreichend durchdringen können, falls sie nicht fähig sind, die biologischen Konzepte adäquat zu verknüpfen. Schmid und Telaro (1990) nehmen die komplexe und nicht lineare Struktur der Biologie als Ursache dafür an. Um die Vielzahl nebeneinander stehender Konzepte sinnvoll miteinander zu verknüpfen, bieten sich Concept Maps daher insbesondere für den Einsatz in Biologie an. Mittels Concept Maps kann biologisches Fachwissen strukturiert werden und bedeutungsvolles Lernen unterstützt werden (Kinchin et al., 2000; Kinchin & Hay, 2005).

Folglich sollte Concept Mapping die Wissensorganisation fördern und bedeutungsvolles Lernen durch eine angemessene Verknüpfung von biologischen Konzepten erleichtern. Concept Maps können als Lernhilfe zur Zusammenfassung zuvor gelernter Inhalte dienen und als Alternative

zum Schreiben von Zusammenfassungen eingesetzt werden (Cañas, 2003; Novak & Gowin, 1984). Der Vorteil von Concept Maps gegenüber schriftlichen Zusammenfassungen liegt in der Übersichtlichkeit, wichtige Begriffe und deren Zusammenhänge können sofort erkannt werden, während diese in Texten erst extrahiert werden müssen (Nesbit & Adesope, 2006; Novak & Gowin, 1984). Im Gegensatz zu Texten gibt es keine vorbestimmte Leserichtung, der Lerner kann die Inhalte und deren Reihenfolge selbst auswählen und verliert sich nicht in Details (Nesbit & Adesope, 2006). Während Texte eine sequentielle Struktur aufweisen, die das mehrmalige Aufführen von Begriffen erfordert, um Zusammenhänge darzustellen (Taber, 1994), sind Concept Maps weniger text- und grammatiklastig und Zusammenhänge können übersichtlicher dargestellt werden.

Concept Maps bieten sich auch für das Lernen in Gruppen an. Durch das Erstellen eines Concept Maps in der Gruppe sollte der Austausch von Informationen erleichtert und somit gemeinsames Wissen konstruiert werden (Cañas, 2003). Boxtel, Linden, Roelofs und Erkens (2002) schreiben kooperativen Lernaufgaben das Potenzial zu, das Erlernen von Konzepten zu erleichtern, da Schüler diese kommunizieren und erklären können. Während die Schüler über Konzepte diskutieren, kann sowohl das Wissen der Einzelnen (Stoyanova & Kommers, 2002) als auch das der Gruppe strukturiert werden.

Der adäquate Einsatz von Concept Maps als Lernhilfe erfordert jedoch eine ausreichende Kenntnis über die Strategie und ihren Nutzen (siehe Jüngst & Schrittmacher, 1995). Daher werden instruktionale Programme oder Trainings zur Einführung des Concept Mappings empfohlen. Die Möglichkeiten der Gestaltung eines Trainings sind vielfältig und reichen von einem Handout (Chiu, 2004) über ein Training im Rahmen einer Schulstunde (Chularut & DeBacker, 2004) bis hin zu mehrwöchigen Programmen (Jegade, Alaiyemola & Okebukola, 1990).

2.2 Bisherige Erkenntnisse zur Effektivität von Concept Maps

Eine Vielzahl von Studien zum Concept Mapping wurde unter verschiedenen Perspektiven (Gütekriterien von Concept Maps, Concept Maps als Diagnoseinstrument oder als unterstützende Lernhilfe) durchgeführt. Zwei Metaanalysen (Horton et al., 1993; Nesbit & Adesope, 2006) geben einen guten Überblick zur aktuellen Forschungslage.

In der Metaanalyse von Horton et al. (1993) zum Concept Mapping wurden 19 Studien berücksichtigt, in der aktuelleren Metaanalyse von Nesbit und Adesope (2006) insgesamt 122 Studien. Die Studien mussten jeweils bestimmte Kriterien erfüllen, um in die Metaanalysen aufgenommen zu werden. Dazu gehörte, dass die Studien ein randomisiertes Kontrollgruppendesign aufwiesen, Concept Maps als instruktionale Maßnahme einsetzten und sie mit anderen Lernaktivitäten (z. B. Zusammenfassungen schreiben) bezüglich kognitiver oder motivationaler Variablen kontrastierten sowie für das Errechnen von Effektstärken ausreichende Daten lieferten. Die Studien wurden bezüglich selbstkonstruierten versus vorgegebenen Concept Maps, Schulform und Klassenstufen, Unterrichtsfächern, Gruppen- versus Einzelarbeit und anderen Variablen gruppiert und verglichen. Der Einfluss auf die Leistung (Verständnis, Behalten und Anwendung) wurde mit unterschiedlichen Messinstrumenten (Multiple Choice Tests, Tests mit halboffenem Antwortformat) erfasst.

Durch die Möglichkeiten von Concept Maps, Informationen zu wiederholen, elaborieren und organisieren, sollte das Lernen mit Concept Maps einen positiven Einfluss auf das Verständnis, die Behaltensleistung und das Anwendungswissen haben. Es wird erwartet, dass Concept Maps neben dem Aufbau einer Wissensstruktur das Übertragen von Informationen auf neue Situationen ermöglichen (Zeile, Lenaers & Wieme, 2004). Nesbit und Adesope (2006) zeigen in ihrer Metaanalyse hohe Effektstärken ($d=0.81$) für die reine Behaltensleistung, jedoch nur geringe

Effektstärken ($d=0.34$) für das Behalten und gleichzeitige Anwenden von Wissen auf. Diese Ergebnisse machen deutlich, dass Concept Mapping förderlich für das Erlernen und Behalten von Inhalten ist, aber auch zur Anwendung von Wissen beitragen kann. Die schwächeren Effekte für die Anwendung liegen vermutlich im höheren kognitiven Anspruch von Anwendungsaufgaben begründet. Hiermit deutet sich an, dass Concept Mapping speziell zur Förderung des Erlernens von Inhalten ohne Anwendungsbezug geeignet ist; die Effekte auf rein inhaltliches Wissen und Anwendungswissen wurden jedoch nicht gegeneinander getestet.

Fachspezifisch zeigen sich bei Horton et al. (1993) generell positive Befunde der Erstellung von Concept Maps auf die Leistung. Neun der Studien zum Concept Mapping hatten einen biologischen Fachinhalt zur Grundlage und zeigten eine mittlere Effektstärke von $d=0.60$ auf die Leistung im Gegensatz zu sieben Studien in Physik mit einer nur geringen Effektstärke von $d=0.15$. Ähnliche Ergebnisse zeigen sich auch in der Metaanalyse von Nesbit und Adesope (2006): Der Einsatz von Concept Maps beim Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte ($N=9$) wirkte sich mit einer mittleren Effektstärke von $d=0.52$ auf die Leistung aus. Die Gegenüberstellung von selbst generierten Maps und der Erarbeitung vorgelegter Maps zeigt einen Vorteil auf die Lernleistung bei Selbstgeneration der Concept Maps (Nesbit & Adesope, 2006).

Die generell positiven Effekte des Concept Mapping konnten in einer Studie von Markow und Lonning (1998) zum Vergleich von Concept Mapping mit dem Schreiben von Zusammenfassungen nicht gezeigt werden. Die Autoren vermuten, dass das zur Messung der Leistung gewählte Antwortformat (Multiple Choice Items) das durch Concept Mapping erworbene Wissen nicht gut abbildet. Vorgeschlagen werden Interviews, um nicht nur das Verständnis der Konzepte, sondern auch das der Relationen zu erfassen. Zur leichteren Durchführung und Auswertung sind hier aber auch Paper-Pencil-Tests mit offenem oder

halboffenem Antwortformat denkbar. Die Annahme dadurch höhere Effektstärken zu erzielen würde in Einklang mit den Ergebnissen der Metaanalyse von Nesbit und Adesope (2006) stehen: Leistungsmessungen mit dem Multiple Choice Format erbrachten geringe Effekte ($d=0.35$), während mit Kurzantworten hohe Effekte erzielt wurden ($d=1.77$). Kurzantworten oder generell Antworten im halboffenen Aufgabenformat liegen der Struktur von Lernhilfen wie Concept Maps und Zusammenfassungen, die Verknüpfungen zwischen Begriffen herstellen, vermutlich näher. Fragen, die das Generieren von Relationen erfordern, entsprechen eher der Aktivität des Concept Mapping als das Beantworten von Multiple Choice Aufgaben.

Insbesondere kooperativem Concept Mapping wird das Potenzial zugesprochen, durch eine Visualisierung von Fachinhalten den Lernerfolg zu erhöhen (Bruhn, Fischer, Gräsel & Mandl, 2000). Die genannten Metaanalysen liefern empirische Evidenz dafür, dass kooperatives Concept Mapping höhere positive Auswirkungen auf die Leistung hat als die individuelle Generierung von Concept Maps. Horton et al. (1993) konnten einen Leistungsvorteil für das Erstellen von Concept Maps in Gruppen im Vergleich zur individuellen Erstellung zeigen. Die Metaanalyse von Nesbit und Adesope (2006) liefert ein Vorteil für Concept Maps, die in einer Kombination aus Gruppen- und Einzelarbeit (10 Studien, $N=647$ Schüler, $d=0.96$) und nicht alleine erstellt wurden (5 Studien, $N=460$ Schüler, $d=0.12$). Beide Metaanalysen weisen somit auf das hohe Potenzial kooperativ erstellter Concept Maps hin. Okebukola und Jegede (1988) zeigen für die Biologie, dass kooperativ erstellte Concept Maps zu höheren Leistungen führen als individuell erstellte Concept Maps. Es wird angenommen, dass Schüler Konzepte besser verstehen, wenn sie über diese diskutieren (Duit & Treagust, 1998; Lemke, 1990; Palincsar, Anderson & David, 1993). Weiterhin wird Concept Mapping als angemessenes Kommunikationsinstrument angesehen (Freeman & Jessup, 2004), das die Schüler

dazu befähigt, die Konzepte bedeutungsvoll zu diskutieren und zu durchdringen (Boxtel et al., 2002).

Trotz des hohen Potenzials, das Concept Mapping, insbesondere in der kooperativen Form, zugesprochen wird, betrachten Nesbit und Adesope (2006) die Ergebnisse durchaus kritisch: Die Autoren vermuten, dass die erbrachten Effektstärken möglicherweise nicht auf die Effektivität des kooperativen Concept Mappings, sondern auf die geringe Wirksamkeit des Vergleichstreatments zurückzuführen ist. Als Vergleichstreatments wurden Vorlesungen oder Diskussionen eingesetzt. Zur besseren Vergleichbarkeit sollten Lernaktivitäten zum Einsatz kommen, die ein ähnlich hohes Maß an Eigenaktivität erfordern. Weiterhin sollte z. B. die Gruppengröße beteiligter Schüler konstant gehalten werden, da angenommen wird, dass die Gruppengröße einen Einfluss auf die Lernleistung hat. Für das Lernen in komplexen Aufgaben wird vermutet, dass das Lernen in Kleingruppen mit vier Schülern effektiver ist als das Lernen in Zweiergruppen (Fuchs et al., 2000).

3 Fragestellung und Hypothesen

Ausgehend von den Befunden und Defiziten bisheriger Forschung zu Concept Maps sind in einem biologischen Fachinhalt kooperativ zu erstellende Concept Maps Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Studie. Mittels einer Interventionsstudie soll untersucht werden, welchen Einfluss das kooperative Erstellen von Concept Maps als Lernhilfe auf den Erwerb und das Behalten von inhaltlichem und anwendungsorientiertem Wissen hat. Dabei soll insbesondere die noch nicht ausreichend untersuchte Wirksamkeit kooperativ erstellter Concept Maps in Abhängigkeit von kurz- und langfristig verfügbarem Wissen und dem Testformat beleuchtet werden.

Das Erstellen von Concept Maps im Vergleich zum Schreiben von Zusammenfassungen soll das Lösen von rein inhaltlichen

Aufgaben und Aufgaben mit Anwendungsbezug erleichtern. Es wird vermutet, dass das Erstellen von Concept Maps in Gruppen zu längerfristig verfügbarem Wissen führt als das Schreiben von Zusammenfassungen.

Alle Hypothesen unterscheiden zwischen kurzfristiger Lernleistung und langfristiger Behaltensleistung. Die erste Hypothese ist allgemein formuliert, Hypothese 2 bezieht sich auf das Leistungs-konstrukt (inhaltsspezifisch versus anwendungsorientiert), wohingegen Hypothese 3 auf das Testformat (geschlossen versus halboffen) referiert.

Die erste Hypothese dient als Grundlage und beruht auf dem theoretisch und z. T. empirisch begründeten Vorteil von Concept Maps versus Zusammenfassungen auf die Leistung. Die Hypothese gründet auf den oben dargestellten Befunden, die eine Lernwirksamkeit von Concept Maps implizieren. Es wird sowohl eine erhöhte Lernleistung als auch eine erhöhte Behaltensleistung, d. h., dass erworbenes Wissen langfristig verfügbar ist, erwartet.

H1a: Das kooperative Erstellen von Concept Maps erhöht die Lernleistung stärker als das kooperative Erstellen schriftlicher Zusammenfassungen.

H1b: Das kooperative Erstellen von Concept Maps erhöht die Behaltensleistung stärker als das kooperative Erstellen schriftlicher Zusammenfassungen.

Wissen auf andere Situationen zu übertragen gilt als kognitiv höhere Anforderung als das reine Erwerben von Fachinformationen. Weiterhin deuten die Ergebnisse von Nesbit und Adesope (2006) darauf hin, dass durch Concept Mapping vor allem das Erlernen von Fachinhalten gefördert werden kann. Daher wird vermutet, dass Schüler, die im Vergleich zu schriftlichen Zusammenfassungen Concept Maps erstellen, höhere Leistungen in einem Test zu inhaltlichen Aufgaben erzielen als in einem Test zu Anwendungsaufgaben. Diese Annahme soll sowohl für den kurzfristigen Lernerfolg, gemessen in einem Posttest, als auch die langfristige Behaltensleistung, gemessen in einem Follow-Up-Test, gelten.

H2a: Der durch kooperativ erstellte Concept Maps im Vergleich zu kooperativ erstellten schriftlichen Zusammenfassungen erbrachte Leistungsvorteil zeigt sich bei inhaltlichen Aufgaben stärker als bei Anwendungsaufgaben.

H2b: Der durch kooperativ erstellte Concept Maps im Vergleich zu kooperativ erstellten schriftlichen Zusammenfassungen erbrachte Vorteil der Behaltensleistung zeigt sich bei inhaltlichen Aufgaben stärker als bei Anwendungsaufgaben.

Die Hypothesen H3a und H3b beziehen sich auf die Erfassbarkeit der Effektivität der Lernhilfe Concept Mapping in Abhängigkeit vom Testformat (geschlossenes versus halboffenes Antwortformat) und sollen zur Aufklärung der in der Literatur z.T. unterschiedlichen Effekte beitragen. In Anlehnung an die referierten Befunde wird vermutet, dass die durch die Lernhilfe Concept Mapping erzielten Effekte höher sind, wenn ein halboffenes (vs. geschlossenes) Antwortformat gewählt wird.

H3a: Der durch kooperativ erstellte Concept Maps im Vergleich zu kooperativ erstellten schriftlichen Zusammenfassungen erbrachte Leistungsvorteil lässt sich mit halboffenem Antwortformat besser nachweisen als mit geschlossenem Antwortformat.

H3b: Der durch kooperativ erstellte Concept Maps im Vergleich zu kooperativ erstellten schriftlichen Zusammenfassungen erbrachte Vorteil der Behaltensleistung lässt sich mit halboffenem Antwortformat besser nachweisen als mit geschlossenem Antwortformat.

4 Untersuchungsdesign

4.1 Durchführung

Zur Aufklärung des Einflusses kooperativ erstellter Concept Maps auf Lernerfolg und Behaltensleistung wird eine Interventions-

studie mit Kontrollgruppe im Schulfach Biologie durchgeführt. Diese Untersuchung ist der biologiedidaktische Teil eines Kooperationsprojektes mit der Chemiedidaktik innerhalb der DFG-Forschergruppe und des Graduiertenkollegs Naturwissenschaftlicher Unterricht an der Universität Duisburg-Essen (siehe dazu Sandmann und Sumfleth, 2006 sowie Fechner, 2009 und Haugwitz, 2009). Die Interventionsstudie findet außerhalb des Regelunterrichts statt und umfasst fünf aufeinander folgende Sitzungen innerhalb einer Woche. Die teilnehmenden Schüler erarbeiten in Kleingruppen selbsttätig mittels fünf inhaltlich und zeitlich aufeinander folgenden Interaktionsboxen (siehe Rumann, 2005) Funktionsmodelle zum Thema Herz und Blutkreislauf. Die Interaktionsboxen beinhalten sogenannte Aufgabenkarten mit der Aufgabenstellung und zur Bearbeitung des Problems relevante fachliche Informationen (Informationskarten) sowie die Materialien (Haushalts- oder Laborgegenstände) zur Erstellung von Funktionsmodellen zum Herz und Blutkreislauf. Die Schüler sollen das gegebene Problem in ihrer Kleingruppe durch gemeinsame Diskussion und Erarbeitung innerhalb von 25 Minuten lösen. Diese vor der eigentlichen Interventionsphase stattfindende Lernphase dient dazu, dass sich Schüler in Kleingruppen Wissen erarbeiten können, welches sie anschließend in denselben Kleingruppen zusammenfassen.

Nach der Gruppenarbeitsphase sollen die Schüler das durch das Lernen mit den Interaktionsboxen erworbene Wissen in ihrer Kleingruppe innerhalb von 15 Minuten wiederholen. Dazu werden in der Treatmentgruppe (TG) kooperativ Concept Maps als Lernhilfe zur Vernetzung der Wissensstruktur erstellt, während Schüler der Kontrollgruppe (KG) kooperativ schriftliche Zusammenfassungen erstellen (vgl. Fechner, 2009). Die Aktivität des Schreibens einer Zusammenfassung wurde als Kontrollbedingung gewählt, da dies eine übliche Methode zur Wiederholung im Biologieunterricht darstellt. In beiden Bedingungen haben die Schüler die Möglichkeit auf biologische

Fachinformation aus den Interaktionsboxen zurückzugreifen (Informationskarten). In der vorliegenden Studie wird somit auf eine gute Vergleichbarkeit der beiden Bedingungen geachtet: Die Schüler arbeiten jeweils 15 Minuten lang in Kleingruppen (Konstanthaltung der Variable time on task), erhalten die gleichen Fachinformationen und die Lernaktivitäten erfordern ein ähnliches Maß an Eigentätigkeit.

Im Rahmen der Interventionsphase bearbeiten die Probanden somit fünf Interaktionsboxen und erstellen anschließend jeweils eine schriftliche Zusammenfassung beziehungsweise ein Concept Map. Zu Beginn jeder Sitzung (ab Sitzung 2) erhalten die Schüler mittels einer Feedback-Karte (siehe z.B. Walpuski & Sumfleth, 2007) eine Rückmeldung zum Aufbau, zur Funktion und Reflektion des Modells der vorigen Sitzung als auch je nach Versuchsbedingung ein Feedback zur Zusammenfassung bzw. ein Feedback zum Concept Map. Die Feedback-Karte ist so gestaltet, dass auf der Vorderseite ein Foto des Funktionsmodells inklusive Beschriftung dargestellt ist und auf der Rückseite ein Concept Map bzw. eine schriftliche Zusammenfassung dargeboten ist. Somit wird vor jeder Sitzung eine gemeinsame Wissensbasis geschaffen, auf die aufgebaut werden kann. Dadurch wird ermöglicht, dass die Schüler mit derselben Grundlage an Vorwissen das Funktionsmodell und die Inhalte der darauf folgenden Sitzung erarbeiten können und nicht durch eventuelle Fehler oder Wissenslücken aus der vorigen Sitzung benachteiligt sind.

Die Untersuchungsphase erstreckt sich über eine Woche. Jeweils eine Woche davor und eine Woche danach findet der Prätest (kognitive Fähigkeiten, Vorwissen und Biologienote) bzw. der Posttest (Leistungstest: Multiple Choice und halboffenes Antwortformat) statt. Circa sechs Monate nach der Interventionsphase wird der Follow-Up-Test (äquivalent zum Posttest) durchgeführt (siehe Tabelle 1).

4.2 Lernumgebung

Um eine Lernumgebung zu schaffen, in der die Schüler die Möglichkeit haben, sich aktiv mit dem Lernmaterial auseinander zu setzen, miteinander zu kooperieren und dabei Fachinhalte zu erarbeiten, wird die Kleingruppenarbeit mit Interaktionsboxen gewählt. Als Themenbereich dienen Funktionsmodelle zum Herz und Blutkreislauf. Im Anhang sind Fotografien der Lernumgebung abgebildet. Durch den Einsatz der Interaktionsboxen wird es den Schülern ermöglicht, in kooperativen Kleingruppen selbständig biologische Funktionsmodelle zu einem gegebenen Thema zu erstellen und zu verstehen.

Modelle gelten als wichtige Aspekte der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts (Gilbert, 2008). Sie werden als wesentliche Lern- und Lehrmittel im Biologieunterricht betrachtet und kommen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess besonders dann zur Anwendung, wenn komplexe Phänomene oder komplizierte Sachverhalte bearbeitet oder veran-

Tabelle 1: Untersuchungsdesign der Interventionsstudie, dargestellt sind der zeitliche Verlauf sowie die eingesetzten Messinstrumente

| Prätest | Interventionsphase | | Posttest | Follow-Up-Test |
|---------------------------------------|---|-------------|--|--|
| KFT Biologienote Vorwissen (MC) | Lernphase mit Interaktionsboxen und Feedback zum Vortag | | Inhalt (MC & halboffen) Anwendung (MC) | Inhalt (MC & halboffen) Anwendung (MC) |
| | Zusammenfassung | Concept Map | | |
| Woche 1 | Woche 2 – fünf Sitzungen | | Woche 3 | nach 6 Monaten |

schaulich werden (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005). Im Biologieunterricht werden Funktions- und Strukturmodelle eingesetzt, um biologische Prozesse realistisch darzustellen, da die Realobjekte oder -systeme oft zu komplex, groß oder klein sind um direkt beobachtet und verstanden zu werden (Rotbain, Marbach-Ad & Stavy, 2006). Modelle bieten sich im Biologieunterricht an, da dieser sich in der Regel mit lebenden Systemen beschäftigt, weshalb die biologischen Versuchsobjekte nur eingeschränkt experimentell verändert werden können (Mayer & Ziemek, 2006). Modelle sind vereinfachte Präsentationen von Originalen (Gilbert & Osborne, 1980) und im Gegensatz zu Realobjekten veranschaulichen sie durch eine Reduzierung nur wesentliche Details und helfen dadurch komplexe Funktionen zu verstehen (Harrison & Treagust, 2000). Modelle weisen somit nicht alle Eigenschaften des Originals auf, sondern fokussieren auf eine Auswahl an Merkmalen. Diese Auswahl sollte ziel- bzw. adressatengerecht sein, indem diejenigen Eigenschaften abgebildet werden, die zum Verständnis notwendig sind (Leibold & Klautke, 1999). In der Studie von Leibold und Klautke (1999) konnte gezeigt werden, dass sich das Lernen mit Modellen förderlich auf die Lernleistung und Problemlösekompetenz auswirkt.

Insbesondere zur Veranschaulichung der komplexen Vorgänge des Blutkreislaufs werden Modelle als sinnvoll erachtet, um das Verständnis der Schüler zu erhöhen (Buckley, 2000). In der hier eingesetzten Lernumgebung erstellen und reflektieren Schüler Funktionsmodelle zum Herz und Blutkreislauf. Die zur Bearbeitung notwendigen Materialien sowie die Aufgabenstellungen (Aufgabenkarten) und inhaltliche Hilfen (Informationskarten) finden sich in den Interaktionsboxen. Von den Lernenden wird dabei erwartet, dass sie Möglichkeiten zum praktischen Aufbau des Modells entwickeln, diese umsetzen und das Modell kritisch reflektieren. Auf diese Weise tragen Interaktionsboxen zur Kommunikation und

Kooperation in der Gruppe bei und regen die unmittelbare Anwendung des Gelernten an (Rumann, 2005). In den einzelnen Arbeitsphasen erhalten die Schüler jeweils eine Interaktionsbox, wobei die Aufgabenstellungen und fachlichen Inhalte während der fünf Sitzungen von Arbeitsphase zu Arbeitsphase aufeinander aufbauen. Eine detaillierte Beschreibung der Interaktionsboxen findet sich bei Haugwitz und Sandmann (2009) und Hofacker (2007).

4.3 Untersuchungsgruppen

Um den Wissenserwerb und die Behaltensleistung zu fördern, erhalten die Schüler der Treatmentgruppe die Möglichkeit, im Anschluss an die Lernphase mit den Interaktionsboxen kooperativ Concept Maps zu erstellen. Das Vorgehen von Konzeptbegriffen ist in der Literatur als eine für das Concept Mapping gebräuchliche Methode beschrieben (Cañas, 2003; Novak & Gowin, 1984) und wird in der vorliegenden Studie angewandt. Der Inhalt der Concept Maps wird dadurch auf einen bestimmten Themenbereich eingeschränkt (siehe Fischler & Peuckert, 2000b). In Abbildung 1 ist exemplarisch ein Concept Map abgebildet, um den Umfang der in der Interventionsphase erstellten Concept Maps darzustellen und um weiterhin zu zeigen, dass 15 Minuten als ausreichend angesehen werden können,

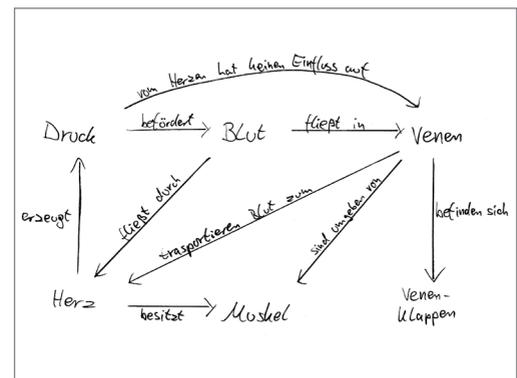


Abb. 1: Exemplarisches Concept Map einer Kleingruppe

um ein Concept Map dieser Größe anzufertigen. In der Kontrollgruppe erstellen die Schüler schriftliche Zusammenfassungen, eine im Biologieunterricht gebräuchliche Methode. Schüler, die schriftliche Zusammenfassungen erstellen, bekommen keine Konzeptbegriffe vorgegeben, da dies keine übliche Vorgehensweise beim Schreiben von Texten ist. Wie in Kapitel 2 angedeutet, lässt dies nicht zwangsläufig auf einen Nachteil der Schüler der Kontrollgruppe schließen, da das Generieren eigener Begriffe möglicherweise sogar von Vorteil ist.

Die Schüler der Treatmentgruppe erhalten am ersten Tag der Interventionsphase eine 20-minütige Einführung in die Technik des Concept Mappings (siehe Fechner und Sumfleth, 2008; Neuroth, 2007). Dabei werden zunächst der Nutzen und die Konstruktionsprinzipien von Concept Maps erläutert. An einem Beispiel wird gemeinsam besprochen, wie Concept Maps erstellt werden und schließlich wird zum Abschluss des Trainings ein Concept Map in einer Zweiergruppe zur Einübung der Technik erstellt. Da davon ausgegangen wer-

den kann, dass Schüler der Jahrgangsstufe 8 mit der Methode des schriftlichen Zusammenfassens in Biologie ausreichend vertraut sind, wird hier auf ein Training verzichtet.

4.4 Messinstrumente

Um auf Unterschiede vor der Intervention prüfen zu können bzw. um bestimmte Einflussvariablen kontrollieren zu können, werden ein Vorwissenstest im Multiple Choice Format und drei Subskalen des kognitiven Fähigkeitstests (KFT, Heller & Perleth, 2000) eingesetzt. Außerdem wird die Schulleistung in Form der Biologienote (Zeugnisnote des vorherigen Schuljahres) erhoben.

Zur Messung der Lernleistung kommen ein Leistungstest im Multiple Choice Format (identisch zum Prätest) sowie ein Leistungstest mit halboffenem Antwortformat zum Einsatz. Zur Erfassung der Behaltensleistung werden die gleichen Messinstrumente im Follow-Up-Test eingesetzt. Beide Leistungsmaße wurden als fachspezifische und inhaltsvalide Tests kon-

| Welche Funktionen haben die Herzklappen? | Ja | Nein |
|---|----|------|
| Sie bestimmen, wie viel Blut in das Herz gelangt. | | |
| Sie befördern das Blut aus dem Herzen. | | |
| Sie steuern die Fließrichtung des Blutes. | | |
| Sie verhindern, dass das Blut zurückfließt. | | |

Vitamin C stabilisiert die Arterienwände und verhindert das Auftreten von Rissen in den Arterien. Außerdem sorgt Vitamin C dafür, dass keine Ablagerungen an den Arterienwänden entstehen. Die meisten Säugetiere außer z. B. manche Primaten können Vitamin C selbst produzieren.

| Welche Vorteile haben die Säugetiere, die Vitamin C selbst herstellen können gegenüber den Tieren, die das nicht können? | Ja | Nein |
|--|----|------|
| Das Blut kann ungehindert durch die Arterien fließen. | | |
| Es kommt seltener zu Verstopfungen in den Arterien. | | |
| Der Sauerstoffaustausch in den Kapillaren findet schneller statt. | | |
| Diese Tiere benötigen keine Venenklappen. | | |

Abb. 2: Beispielimens *inhaltliches Wissen* und *anwendungsbezogenes Wissen*

struiert. Der Leistungstest im Multiple Choice Format besteht aus 20 Items und weist eine zufriedenstellende Reliabilität auf (Cronbachs α im Post bzw. Follow-Up-Test = .82 – .83). Zehn der Items beziehen sich auf rein inhaltliches Wissen ohne Anwendungsbezüge, während die restlichen zehn Items Anwendungswissen abfragen. Jedes Item besteht aus vier Antwortoptionen, wobei es pro Aufgabe auch mehr als einen Attraktor geben kann. Die Antwortalternativen sind im Ja/Nein Format gestellt, so dass innerhalb eines Items jede der vier Optionen abgewägt werden muss (Beispielitem siehe Abbildung 2).

Der im halboffenen Aufgabenformat in Anlehnung an Neuroth (2002) entwickelte Test enthält nur Items ohne Anwendungsbezüge und besteht aus sechs Items, die aus jeweils drei Begriffen bestehen. Die drei Begriffe (Beispielitem: Arterien – Kapillaren – Puls) müssen jeweils in kurzen Sätzen miteinander verknüpft werden (Cronbachs α = .72 – .76).

4.5 Stichprobe

An der Studie¹ nahmen insgesamt 278 Schüler von sieben Gymnasien in Nordrhein-Westfalen teil. Die Teilnahme war freiwillig und mit dem Einverständnis der Eltern. Um zu gewährleisten, dass die Schüler bereit waren miteinander zu kooperieren, konnten sich die Schüler die Gruppenzusammensetzung

in Kleingruppen selbst aussuchen. Die Experimental- und die Kontrollgruppe wurden randomisiert gebildet, wobei jeweils beide Bedingungen in jeder Schule realisiert wurden. Zur Bildung der endgültig in die Analysen einbezogenen Schüler wurden zwei Ausschlusskriterien angewendet: (I) Schüler, die nicht an allen drei Hauptmesszeitpunkten teilnahmen, ebenso wie (II) Schüler, die an weniger als an vier der fünf Sitzungen teilgenommen haben, wurden ausgeschlossen. Daraus resultierte eine Analytestichprobe von 248 Schülern (KG: $n=125$, TG: $n=123$) mit einem Durchschnittsalter von 13.88 Jahren ($SD=0.45$) und einem Anteil weiblicher Teilnehmer von 56%.

5 Ergebnisse

Um auf mögliche Treatmentunterschiede vor der Intervention zu prüfen, wird eine multivariate Varianzanalyse durchgeführt. Eingesetzt wurden das Vorwissen, die kognitiven Fähigkeiten, die Biologienote, das Geschlecht und die Gruppengröße. Möglicherweise aufgrund der beiden genannten Ausschlusskriterien (siehe Abschnitt 4.5) und der Tatsache, dass die Schüler sich die Gruppenzusammensetzung selbst aussuchen konnten, zeigen sich für die Variable Gruppengröße signifikante Unterschiede. Weiterhin wiesen die Schüler der Treat-

Tab. 2: Deskriptive Statistiken für den Post- und Follow-Up-Test: M (SD) [%]

| Skala | Post | | Follow-Up | |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | KG | TG | KG | TG |
| Inhalt (MC) | 66.8 (15.6) | 69.9 (13.0) | 65.0 (14.0) | 66.8 (12.8) |
| Anwendung (MC) | 59.4 (15.8) | 59.7 (13.1) | 59.3 (15.1) | 61.1 (13.4) |
| Inhalt (halbopen) | 33.9 (21.3) | 38.0 (17.3) | 32.1 (21.6) | 34.0 (16.5) |

¹ Die vorliegende Stichprobe wurde gemeinsam für die biologiedidaktische und chemiedidaktische Studie rekrutiert.

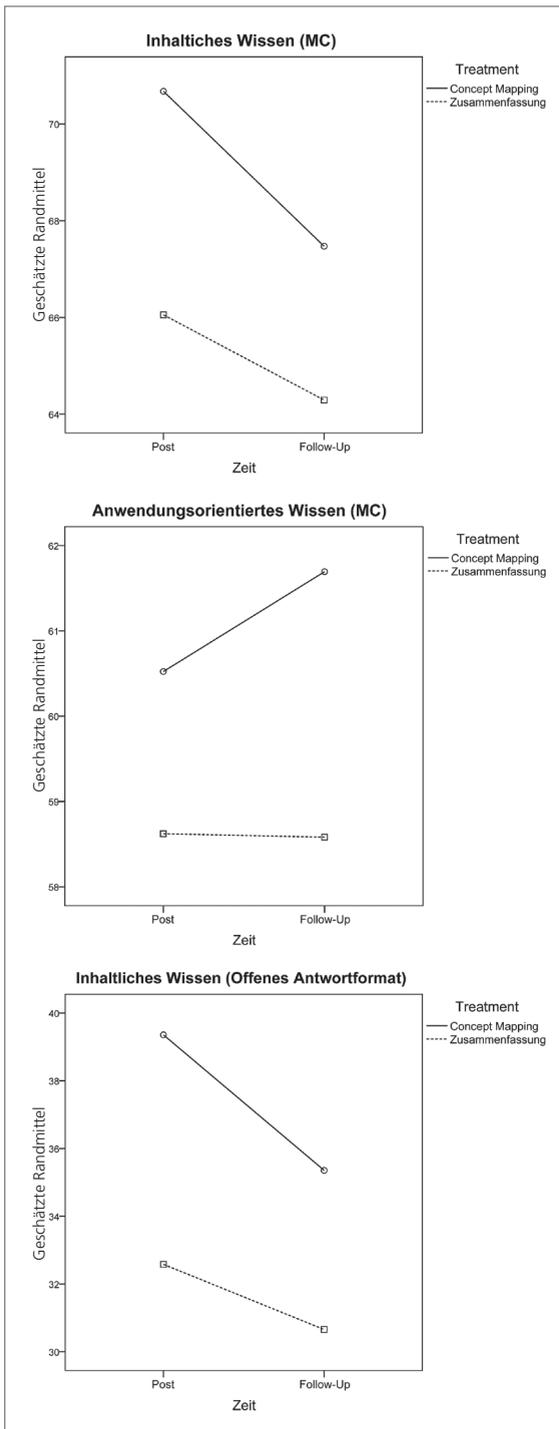


Abb. 3: Treatmentunterschiede der drei eingesetzten Skalen: inhaltliches Wissen (geschlossenes und halboffenes Antwortformat) und anwendungsorientiertes Wissen (nur geschlossenes Antwortformat) für beide Messzeitpunkte

mentgruppe signifikant schlechtere Biologienoten auf als die Schüler der Kontrollgruppe. Folglich gingen diese beiden Variablen als Kontrollvariablen in alle weiteren Analysen ein. Die restlichen Variablen waren über die Treatments hinweg ausgeglichen ($F(2,246) < 1, p > .10$). Das mit dem Multiple Choice Test im Prätest erfasste Vorwissen lag mit 54.6 % ($SD=12.2$) bereits relativ hoch. Dennoch lernten die Schüler über beide Treatmentgruppen hinweg durch das Lernen mit den Interaktionsboxen und anschließender Wiederholungsphase signifikant hinzu ($t(247) = 13.78, p < .001, d = 0.88$).

In Tabelle 2 sind die deskriptiven Statistiken für die im Post- und Follow-Up-Test eingesetzten Maße getrennt nach Treatment- und Kontrollgruppe aufgeführt. Auf deskriptiver Ebene zeigt sich, dass die Schüler der Treatmentgruppe jeweils (leicht) höhere Werte in den Leistungstests erreichen als die der Kontrollgruppe. Die Mittelwerte ebenso wie die Mittelwertsunterschiede zwischen den Treatments sind außer für das Anwendungswissen im Posttest jeweils höher als im Follow-Up-Test. Mittels einer Varianzanalyse mit Messwiederholung wurde geprüft, ob der Leistungsunterschied vom zweiten zum dritten Messzeitpunkt signifikant ist. Dies war für keine der Skalen der Fall, was bedeutet, dass innerhalb der sechs Monate bis zum Follow-Up-Test über die Untersuchungsgruppen hinweg kein signifikanter Wissensverfall stattfand. Auffällig ist, dass die Schüler im Multiple Choice Test über beide Untersuchungsgruppen hinweg deutlich besser abschneiden als im Test mit halboffenem Antwortformat.

Um die aufgestellten Hypothesen beantworten zu können, werden multivariate Kovarianzanalysen und Kovarianzanalysen mit Messwiederholung durchgeführt. Um die verschiedenen

Tab. 3: Treatmentunterschiede, aufgeteilt nach inhaltlichem und anwendungsorientiertem Wissen sowie Messzeitpunkt

| Skala | Post | | | Follow-Up | | |
|-----------|------------|-----|----------|------------|-----|----------|
| | $F(1,244)$ | p | η^2 | $F(1,244)$ | p | η^2 |
| Inhalt | 6.54 | * | .026 | 3.58 | * | 0.014 |
| Anwendung | 1.09 | | .004 | 2.98 | * | 0.012 |

* $p < .05$

Tab. 4: Treatmentunterschiede, aufgeteilt nach Antwortformat und Messzeitpunkt

| Skala | Post | | | Follow-Up | | |
|-----------|------------|-----|----------|------------|-----|----------|
| | $F(1,244)$ | p | η^2 | $F(1,244)$ | p | η^2 |
| MC | 6.54 | * | .026 | 3.58 | * | .014 |
| halboffen | 8.19 | ** | .032 | 3.64 | * | .015 |

* $p < .05$, ** $p < .01$

Leistungsmaße miteinander vergleichen zu können, werden die Werte standardisiert. Dies resultiert aus der unterschiedlichen Lösungsquote der verschiedenen Wissenstests (der prozentuale Mittelwert des Multiple Choice Test liegt ca. 30%-Punkte höher als der des Tests im halboffenen Antwortformat). Die Ergebnisse für die eingesetzten Skalen (rein inhaltliches und anwendungsorientiertes Wissen – jeweils Multiple Choice Tests – und halboffenes Antwortformat – nur inhaltliches Wissen) sind grafisch in Abbildung 3 dargestellt. Abgebildet ist hier jeweils die Leistung getrennt nach den Untersuchungsgruppen und aufgesplittet nach der Zeit.

Zur Prüfung auf signifikante Gruppenunterschiede für den Lernerfolg und die Behaltensleistung (Hypothese 1) wurden multivariate Kovarianzanalysen mit den Werten des Multiple Choice Tests und des Tests im halboffenen Antwortformat für beide Messzeitpunkte (Post und Follow-Up) durchgeführt. Erwartungskonform zeigen die Ergebnisse der MANCOVA signifikante Unterschiede für den Wissenserwerb ($F(2,243) = 4.12$, $p < .05$, $\eta^2 = .033$) und die Behaltensleistung ($F(2,243) = 2.36$, $p < .05$,

$\eta^2 = .019$). Die detaillierten Ergebnisse der ANCOVAs, die für die Beantwortung der Hypothesen 2 und 3 weiter analysiert werden, sind in den Tabellen 3 und 4 aufgeführt.

Zur Beantwortung von Hypothese 2 wurde der Multiple Choice Test nach den beiden Subskalen inhaltliches und anwendungsorientiertes Wissen aufgetrennt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt. Es zeigt sich, dass sich Concept Mapping im Gegensatz zum Schreiben von Zusammenfassungen positiv auf den Wissenserwerb und das Behalten von Inhalten und zusätzlich auf das langfristig gemessene Anwendungswissen auswirkt.

Für den Wissenserwerb (Posttest) zeigt sich eine deutlich größere Effektstärke des Concept Mapping zugunsten des rein inhaltlichen Wissens. Die Effektstärken für die Behaltensleistung sind von gleicher Höhe. Zusätzlich zu diesem deskriptiven Vergleich der Effektstärken bietet sich aufgrund der Konstruktion der beiden Messinstrumente (jeweils Skalen mit derselben Anzahl an Items im Multiple Choice Format) die Möglichkeit der Varianzanalyse mit Messwiederholung, um die unterschiedlichen Effektstärken statistisch miteinander zu vergleichen. Der hier berichtete

Interaktionsterm gibt dabei an, wie stark sich die Versuchsbedingung (Concept Mapping versus Zusammenfassung schreiben) auf die Lösungswahrscheinlichkeit des Tests auswirkt. Beim direkten Vergleich der Effekte auf inhaltliches und anwendungsorientiertes Wissen zeigt sich ein Vorteil des Concept Mappings zugunsten des inhaltlichen Wissens beim Wissenserwerb ($F(1,244)=2.85$, $p < .05$, $\eta^2=.012$). Das heißt, der Erwerb von rein inhaltlichem Wissen kann mittels Concept Mapping stärker gefördert werden als der Erwerb von Anwendungswissen. Für die Behaltensleistung zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Skalen ($F(1,244)=0.03$, $p = .86$, $\eta^2 = .000$). Die Ergebnisse bestätigen also die bereits deskriptiv beschriebenen Unterschiede zwischen rein inhaltlichem und anwendungsorientiertem Wissen.

Zur Untersuchung des Concept Mapping Effekts in Abhängigkeit vom Testformat wird eine multivariate Kovarianzanalyse mit den abhängigen Variablen Leistung im Multiple Choice Test und im Test mit halboffenem Antwortformat durchgeführt. Damit beide Tests vergleichbar sind, wird nur die Subskala inhaltliches Wissen des Multiple Choice Test eingesetzt, da auch der Test im halboffenen Antwortformat nur Items ohne Anwendungsbezug enthält. Die Ergebnisse der ANCOVAs sind in Tabelle 4 dargestellt. Es zeigen sich positive Concept Mapping Effekte im Posttest und Follow-Up-Test für beide Antwortformate. Ein Vergleich der Effektstärken deutet nicht darauf hin, dass Aufgaben im halboffenen Antwortformat besser dazu geeignet sind Concept Mapping Effekte auf das inhaltliche Wissen zu erfassen als solche im Multiple Choice Format.

6 Zusammenfassung und Diskussion

Ausgehend von den Ergebnissen internationaler Vergleichsstudien zur schwachen Leistung deutscher Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere bei Anwendungsaufgaben, war es Ziel der

Interventionsstudie, zu überprüfen, ob der Wissenserwerb und die Behaltensleistung von Schülern durch den Einsatz der Concept Mapping Methode als Lernhilfe erhöht werden können. Fokussiert wurde dabei sowohl auf rein inhaltliches Wissen, als auch auf Anwendungswissen. Die Studie wurde mit dem Themenbereich Herz und Blutkreislauf zu einem biologischen Fachinhalt durchgeführt. Die an der Studie teilnehmenden Schüler wurden in eine Kontroll- und eine Treatmentbedingung aufgeteilt. Schüler beider Bedingungen nahmen während der Interventionsphase an fünf Sitzungen teil, in denen Funktionsmodelle zum Herz und Blutkreislauf erstellt und reflektiert wurden. Schüler der Kontrollgruppe schrieben kooperativ eine schriftliche Zusammenfassung über das Gelernte, während die Schüler der Treatmentgruppe kooperativ nach jeder Sitzung ein Concept Map erstellten. Die Leistung wurde zu drei Messzeitpunkten (Prä, Post und Follow-Up) mit Multiple Choice Tests und Tests im halboffenen Antwortformat erhoben. Durch dieses Design trägt die Studie zum Stand der Forschung bei, indem Effekte des Concept Mapping mit einer möglichst ähnlichen Kontrollbedingung kontrastiert werden. Man könnte zwar argumentieren, dass die Schüler der Kontrollgruppe aufgrund des fehlenden Trainings per se benachteiligt sind, da eventuell manche Schüler die Methode des Schreibens von Zusammenfassungen nicht adäquat anwenden. Dem kann mit dem Argument entgegengewirkt werden, dass auch Schüler der Treatmentgruppe durch das Training nicht unweigerlich alle gute Concept Maps erstellen. Da sie jedoch mit dem Concept Mapping noch gar nicht vertraut sind, ist hier ein Training angeraten (siehe auch Hilbert & Renkl, 2008; Jüngst & Schrittmacher, 1995). Ein weiteres denkbares Defizit der Studie ist, dass nur Schüler der Concept Mapping Bedingung die Konzeptbegriffe vorgegeben bekamen. Wie jedoch schon in Kapitel 2 beschrieben, muss dies aber nicht zwangsläufig zu einem Nachteil der Schüler in der Kontrollgruppe geführt haben.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass das Lösen rein inhaltlicher und anwendungsorientierter Aufgaben durch das vorherige selbstständige Erstellen von Concept Maps im Vergleich zu schriftlichen Zusammenfassungen gefördert werden kann. Erwartungskonform zeigt sich, dass sowohl der Wissenserwerb als auch die Behaltensleistung höher ist, wenn Concept Maps erstellt werden (Hypothese 1). Im Speziellen zeigen die Analysen, dass kooperatives Concept Mapping im Vergleich zu kooperativem schriftlichen Zusammenfassen den Wissenserwerb nur in Bezug auf das Erlernen von fachlichen Inhalten fördert, wohingegen beim Anwendungswissen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen zu verzeichnen sind. Betrachtet man die Behaltensleistung, so ergeben sich positive Effekte für beide Leistungskonstrukte, das inhaltliche als auch das anwendungsorientierte Wissen. Das Anwendungswissen als eine kognitiv anspruchsvollere Leistung scheint sich eventuell erst verzögert auszubilden. Es wäre aber auch denkbar, dass die Schüler durch äußere Einflüsse zwischen der Intervention und dem Follow-Up-Test (immerhin sechs Monate) beeinflusst wurden und der Unterschied nicht auf das Treatment zurückzuführen ist.

Zur Prüfung von Hypothese 2a und 2b wurden multivariate Kovarianzanalysen sowie Varianzanalysen mit Messwiederholung gerechnet (Leistungskonstrukt als Messwiederholungsfaktor). Für die kurzzeitigen Effekte kann Hypothese 2a bestätigt werden: Der Effekt des Concept Mapping auf das rein inhaltliche Wissen ist höher als auf das anwendungsorientierte Wissen. Das bedeutet, dass das Concept Mapping im Gegensatz zum Schreiben von Zusammenfassungen den Erwerb von Inhalten stärker als das Lösen von Anwendungsaufgaben fördern kann.

Die mit dem Follow-Up gemessenen verzögerten Effekte auf das Anwendungswissen entsprechen allerdings nicht Hypothese 2b. Die Effekte des Concept Mapping sind für keine der beiden Variablen (Inhalt bzw. An-

wendung) signifikant stärker, was schon an den gleich hohen Effektstärken der beiden ANCOVAs abzuleiten ist. Das bedeutet, dass Concept Mapping verglichen mit schriftlichen Zusammenfassungen kurzfristig vor allem das Erlangen von Fachinhalten fördert, langfristig jedoch ebenso wirksam ist, um die Wissensanwendung zu ermöglichen. Dies unterstreicht die Effektivität von Concept Maps gegenüber schriftlichen Zusammenfassungen auf die langfristige Behaltensleistung unabhängig vom Wissenskonstrukt (Inhalt bzw. Anwendung). Das übersichtliche Darstellungsformat von Concept Maps scheint sich positiv auf die langfristige Behaltensleistung auszuwirken. Sechs Monate nach der Intervention können Schüler, die kooperativ Concept Maps erstellt haben, Aufgaben zum inhaltlichen als auch zum anwendungsorientiertem Wissen besser lösen als Schüler, die in ihren Lerngruppen schriftliche Zusammenfassungen erstellt haben. Eine denkbare Ursache hierfür ist sicherlich die Struktur aus Begriff-Relation-Begriff von Concept Maps, die einem Fließtext überlegen zu sein scheint.

Die Hypothesen 3a und 3b referierten auf höhere Concept Mapping Effekte bei Aufgaben mit halboffenem Antwortformat im Vergleich zu Aufgaben im Multiple Choice Format. Es zeigen sich für beide Testformate und beide Messzeitpunkte Vorteile für das Concept Mapping gegenüber dem Erstellen schriftlicher Zusammenfassungen. D. h. beide Aufgabenformate scheinen gleichermaßen geeignet das durch Concept Mapping bzw. schriftliches Zusammenfassen erworbene Wissen zu erfassen. Beim Vergleich der Effektstärken deutet sich jedoch entgegen den Erwartungen keine überlegene Wirkung des Concept Mapping auf den Wissenserwerb und die Behaltensleistung bei der Messung mit Aufgaben im halboffenen Antwortformat an. Hervorzuheben ist jedoch, dass beim Test im halboffenen Aufgabenformat der Zusammenhang dreier Begriffe in kurzen Sätzen beschrieben werden musste. Unter der Annahme, dass dieses Antwortformat stärker der Methode

des schriftlichen Zusammenfassens entspricht, wäre der Effekt des Concept Mappings hier hervorzuheben. Die Aussagen zu Hypothesen 3a und 3b sind dahingehend eingeschränkt, dass das Aufgabenformat nur für inhaltliche Items variiert wurde und nicht für Anwendungssiteme.

Die Effektstärken sind insgesamt und besonders im Follow-Up-Test sehr gering und für beide Aufgabenformate von gleicher Höhe. Generell muss die unterschiedliche Schwierigkeit der beiden Testformate berücksichtigt werden. Obwohl die Werte standardisiert wurden, lässt sich nicht ausschließen, dass die hohe Schwierigkeit des Tests mit halboffenem Antwortformat (durchschnittlich nur 32 – 38% richtig gelöste Aufgaben im Vergleich zu durchschnittlich 65 – 70% richtigen Aufgaben beim Multiple Choice Test) eine Rolle spielt. Schüler haben vermutlich einige Aufgaben im Test mit halboffenem Antwortformat einfach ausgelassen, möglicherweise aufgrund von Schwierigkeiten bei der richtigen Formulierung oder auch aufgrund von Motivationsproblemen.

Zusammenfassend zeigte die Studie die Wirksamkeit kooperativ erstellter Concept Maps im Vergleich zu schriftlichen Zusammenfassungen auf das Erlernen und Behalten von Fachinhalten zu einem biologischen Inhaltsbereich. Effekte auf das Anwendungswissen zeigten sich nur im Follow-Up-Test. Die Effekte für die Lern- und Behaltensleistung konnten mit beiden Messinstrumenten nachgewiesen werden (Leistungstests im Multiple Choice Format und im halboffenen Antwortformat). Die Ergebnisse dieser Studie sollten Schulpraktiker dazu ermuntern, die Methode Concept Mapping im Biologieunterricht zu trainieren und einzusetzen. Der Trainingsaufwand in dieser Studie lag mit 20 Minuten in einem Rahmen, der auf langfristige Sicht auch im Regelunterricht realisierbar und gewinnbringend sein sollte.

Einschränkend muss beachtet werden, dass in dieser Studie die Effektivität der Methode des Concept Mapping nur gegenüber schriftlichen Zusammenfassungen geprüft und gezeigt werden konnte. Allerdings wurde im

Gegensatz zu Studien der Vergangenheit, die Concept Mapping mehrheitlich mit weniger anspruchsvollen Aktivitäten, solchen mit weniger Eigenaktivität oder unterschiedlichen Sozialformen verglichen haben, eine Kontrollgruppe mit möglichst ähnlichen Bedingungen realisiert. Die erzielten Effektstärken liegen aber alle im niedrigen Bereich, so dass über ein umfangreicheres Training oder eine Abwandlung der Concept Mapping Methode nachgedacht werden sollte, um die Effektivität zu erhöhen. Gemäß dem Generationeneffekt (Bertsch et al., 2007) könnte es lernförderlicher sein, die Konzeptbegriffe nicht vorzugeben, sondern von den Schülern selbst generieren zu lassen. Trotz der hier gewählten Vorgehensweise zeigt sich ein Vorteil gegenüber der herkömmlichen Methode des Schreibens von Zusammenfassungen. Dennoch bedarf es weiterer Forschung, um die einzelnen Effekte von einerseits dem Concept Mapping und andererseits der Vorgabe der Konzeptbegriffe zu untersuchen.

Eine Analyse der Qualität der Concept Maps und Zusammenfassungen könnte weiteren Aufschluss über die Effektivität der Methode liefern. Dabei kann sowohl das Vorhandensein und die inhaltliche Richtigkeit von Relationen als auch die Struktur der Concept Maps bewertet werden. Eine detailliertere Analyse dieser Daten wird zurzeit vorgenommen. Es wird erwartet, dass die Qualität der Zusammenfassungen und Concept Maps (Qualität des Treatments) mit der Leistung korreliert.

Wir danken der DFG für die Förderung des Projektes (SA 1712/1-2 und SU 187/7-1) im Rahmen der Forschergruppe und des Graduiertenkollegs Naturwissenschaftlicher Unterricht (nwu-essen).

Literatur

- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bertsch, S., Pesta, B. J., Wiscott, R. & McDaniel, M. A. (2007). The generation effect: A meta-analytic review. *Memory and Cognition*, 35, 201–210.

- Bjork, R. A. (1994). Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 185–205). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bruhn, J., Fischer, F., Gräsel, C. & Mandl, H. (2000). Kooperatives Lernen mit Mapping-Techniken. In F. Fischer & H. Mandl (Hrsg.), *Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mapping-Techniken* (S. 119–133). Göttingen: Hogrefe.
- Buckley, B. C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22, 895–935.
- Cañas, A. J. (2003). *A summary of literature pertaining to the use of concept mapping techniques and technologies for education and performance support* (Tech. Rep.). Pensacola FL: The Institute for Human and Machine Cognition.
- Chiu, C.-H. (2004). Evaluating system-based strategies for managing conflict in collaborative concept mapping. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20, 124–132.
- Chularat, P. & DeBacker, T. K. (2004). The influence of concept mapping on achievement, self-regulation, and self-efficacy in students of English as a second language. *Contemporary Educational Psychology*, 29, 248–263.
- Dahnke, H., Fuhrmann, A. & Steinhagen, K. (1998). Entwicklung und Einsatz von Computersimulation und Concept Mapping als Erhebungsinstrumente bei Vorstellungen zur Wärmephysik eines Hauses. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(2), 67–80.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (1998). Learning in science: From behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. J. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 3–25). London: Kluwer.
- Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos Verlag.
- Fechner, S. & Sumfleth, E. (2008). Collaborative concept mapping in context-oriented chemistry learning. In A. J. Cañas, P. Reiska, M. Ahlberg and J.D. Novak. (Hrsg.), *Concept Mapping: Connecting Educators*. Proceedings of the third international conference on concept mapping.
- Fischler, H. & Peuckert, J. (2000a). Concept Mapping in Forschungszusammenhängen. In H. Niedderer & H. Fischler (Hrsg.), *Studien zum Physiklernen: Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie* (Bd. 1, S. 1–23). Berlin: Logos Verlag.
- Fischler, H. & Peuckert, J. (2000b). Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie. In H. Niedderer & H. Fischler (Hrsg.), *Studien zum Physiklernen* (Bd. 1). Berlin: Logos-Verlag.
- Freeman, L. A. & Jessup, L. (2004). The power and benefits of concept mapping: Measuring use, usefulness, ease of use, and satisfaction. *International Journal of Science Education*, 26, 151–169.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Kazdan, S., Karns, K., Calhoun, M. B., Hamlett, C. L., et al. (2000). Effects of workgroup structure and size on student productivity during collaborative work on complex tasks. *The Elementary School Journal*, 100, 183–212.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In J. K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 3–24). The Netherlands: Springer.
- Gilbert, J. K. & Osborne, R. J. (1980). The use of models in science and science teaching. *International Journal of Science Education*, 2, 2–13.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22, 1011–1026.
- Haugwitz, M. (2009). *Kontextorientiertes Lernen und Concept Mapping im Fach Biologie*. Dissertation an der Fakultät für Biologie und Geografie der Universität Duisburg-Essen (unveröffentlicht).
- Haugwitz, M. & Sandmann, A. (2009). Collaborative modelling of the vascular system – Designing and evaluating a new learning method for secondary students. *Manuscript submitted for publication*.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (KFT 4-12+R)*. Göttingen: Hogrefe.
- Hilbert, T. & Renkl, A. (2008). Concept mapping as a follow-up strategy to learning from texts: What characterizes good and poor mappers? *Instructional Science*, 36, 53–73.
- Hofacker, S. (2007). *Entwicklung und Erprobung eines Lebrganges mit Interaktionsboxen für die Klassenstufe 8 zum Thema Blutkreislauf*. Unveröffentlichte Examensarbeit, Universität Duisburg-Essen.
- Horton, P. B., McConney, A., Gallo, M., Woods, A. L., Senn, G. J. & Hamelin, D. (1993). An investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool. *Science Education*, 77, 95–111.

- Jegade, O., Alaiyemola, F. & Okebukola, P. (1990). The effect of concept mapping on students' anxiety and achievement in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 951–960.
- Jüngst, K. & Schrittmacher, P. (1995). Wissensstrukturdarstellung: Theoretische Ansätze und praktische Relevanz. *Unterrichtswissenschaft*, 23, 194–207.
- Kinchin, I. M. & Hay, D. (2005). Using concept maps to optimize the composition of collaborative student groups: A pilot study. *Journal of Advanced Nursing*, 51(2), 182–187.
- Kinchin, I. M., Hay, D. & Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42, 43–57.
- Lawless, C., Smee, P. & O'Shea, T. (1998). Using concept sorting and concept mapping in business and public administration, and in education: An overview. *Educational Research*, 40, 219–235.
- Leibold, K. & Klautke, S. (1999). Lerneffektivität des Einsatzes gegenständlicher Modelle in Biologieleistungskursen des Gymnasiums. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1(1), 3–23.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex.
- Mandl, H. & Fischer, F. (2000a). Mapping-Techniken und Begriffsnetze in Lern- und Kooperationsprozessen. In H. Mandl & F. Fischer (Hrsg.), *Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mapping-Techniken* (S. 3–12). Göttingen: Hogrefe.
- Mandl, H. & Fischer, F. (Hrsg.). (2000b). *Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mapping-Techniken*. Göttingen: Hogrefe.
- Markow, P. G. & Lonning, R. A. (1998). Usefulness of concept maps in college chemistry laboratories: Students' perceptions and effects on achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 1015–1029.
- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. *Unterricht Biologie*, 317, 4–12.
- Nesbit, J. C. & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 76, 413–448.
- Neuroth, J. (2002). *Triaden-Test als Methode zur Ermittlung des Verknüpfungsgrades des Schülerwissens – Eine Verfahrensmodifikation zum Verknüpfungstest*. Unveröffentlichte Examensarbeit, Universität Essen.
- Neuroth, J. (2007). Concept Mapping als Lernstrategie. Eine Interventionsstudie zum Chemielernen aus Texten. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Chemie- und Physiklernen* (Bd. 64). Berlin: Logos Verlag.
- Novak, J. D. (1990). Concept maps and vee diagrams: Two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional Science*, 19, 29–52.
- Novak, J. D. & Gowin, B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Okebukola, P. & Jegede, O. J. (1988). Cognitive preference and learning mode as determinants of meaningful learning through concept mapping. *Science Education*, 72, 153–170.
- Palincsar, A. S., Anderson, C. & David, Y. M. (1993). Pursuing scientific literacy in the middle grades through collaborative problem solving. *The Elementary School Journal*, 93, 643–658.
- Rotbain, Y., Marbach-Ad, G. & Stavy, R. (2006). Effect of bead and illustrations models on high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 500–529.
- Rumann, S. (2005). Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Chemie- und Physiklernen* (Bd. 45). Berlin: Logos Verlag.
- Sandmann, A. & Sumfleth, E. (2006). *Zum Einfluss von Kontext und Concept-Maps auf Lernerfolg und Interesse in Biologie und Chemie*. Forschungsantrag an die DFG (SA 1712/1-2 und SU 187/7-1) im Rahmen der Forschergruppe und des Graduiertenkollegs Naturwissenschaftlicher Unterricht (nwu-essen).
- Schmid, R. & Telaro, G. (1990). Concept mapping as an instructional strategy for high school biology. *Journal of Educational Research*, 84, 78–85.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005). *Bildungsstandards Biologie*. München: Luchterhand.
- Stoyanova, N. & Kommers, P. (2002). Concept mapping as a medium of shared cognition in computer-supported collaborative problem solving. *Journal of Interactive Learning Research*, 13(1/2), 111–133.
- Stracke, I. (2004). *Einsatz computerbasierter Concept Maps zur Wissensdiagnose in der Chemie. Empirische Untersuchungen am Beispiel des Chemischen Gleichgewichts*. Münster: Waxmann.
- Sumfleth, E. (1988). Lehr- und Lernprozesse im Chemieunterricht – Das Vorwissen des Schülers in einer kognitionspsychologisch fundierten Unterrichtskonzeption. In R. Biermann, S. Hellekamps & W. Wittenbruch (Hrsg.), *Studien zur Pädagogik der Schule* (Bd. 15). Frankfurt a. M.: Peter Lang.

- Sumfleth, E. & Tiemann, R. (2000). Own Word Mapping – ein alternativer Zugang zu Schülervorstellungen. In H. Niedderer & H. Fischler (Hrsg.), *Studien zum Physiklernen: Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie* (Bd. 1, S. 179-203). Berlin: Logos Verlag.
- Taber, K. S. (1994). Student reaction on being introduced to concept mapping. *Physics Education*, 29, 276–281.
- Van Boxtel, C., van der Linden, J., Roelofs, E. & Erkens, G. (2002). Collaborative concept mapping: Provoking and supporting meaningful discourse. *Theory into Practice*, 41, 40–46.
- Van Zele, E., Lenaers, J. & Wieme, W. (2004). Improving the usefulness of concept maps as a research tool for science education. *International Journal of Science Education*, 26, 1043–1064.
- Wadouh, J. (2008). *Vernetzung und kumulatives Lernen im Biologieunterricht der Gymnasialklasse 9*. urn:nbn:de:hbz:465-20090317-135634-8, Zugriff am 17.11.2008.
- Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2007). Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 181-198.

Kontakt

Marion Haugwitz
 Graduiertenkolleg nwu
 Universität Duisburg-Essen
 Didaktik der Biologie
 Schützenbahn 70
 45127 Essen
marion.haugwitz@uni-due.de

Autoreninformation

Marion Haugwitz hat Biologie und Mathematik für das Lehramt an Gymnasien studiert und ist derzeit wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Didaktik der Biologie der Universität Duisburg-Essen. Sie promovierte als Kollegiatin der DFG-Forschergruppe Naturwissenschaftlicher Unterricht zum Einfluss von Kontext und Concept Maps auf Interesse und Leistung im Fach Biologie.

Dr. Angela Sandmann ist Professorin für Didaktik der Biologie an der Universität Duisburg-Essen und Mitglied der DFG-Forschergruppe und des Graduiertenkollegs Naturwissenschaftlicher Unterricht. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Lern- und Problemlösestrategien/Expertiseentwicklung in Biologie, Kompetenzdiagnose/-entwicklung und kontextorientiertes Lernen sowie Videoanalyse und Unterrichtsqualität im Fach Biologie.

Anhang



Abb. 4: Fotografien einer Interaktionsbox mit allen Materialien und eines fertig aufgebauten Funktionsmodells