

„Similarity Judgments Test“

Ein Verfahren zur Erfassung von Wissensstrukturen

Jörg Großschedl & Ute Harms

grossschedl@ipn.uni-kiel.de – harms@ipn.uni-kiel.de

IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel
Olshausenstraße 62, 24098 Kiel

Zusammenfassung

In einer Interventionsstudie wurde der Einfluss 2er Lernstrategien auf den konzeptuellen Wissenserwerb in der Zellbiologie untersucht. Insgesamt 44 Schüler nutzten „Concept Mapping“ (Treatment) und die Anfertigung von Notizen (Kontrolle) als Lernstrategien. Multiple Choice Aufgaben zum Faktenwissen und konzeptuellen Wissen sowie „Similarity Judgments Tests“ (SJTs) kamen zu 2 Messzeitpunkten zum Einsatz. Letztere erheben die semantische Ähnlichkeit von Begriffen, die paarweise miteinander verglichen werden. Zur Bewertung der SJTs wurden 2 Indizes (c_{sim} und R_{SJT}) berechnet und bezüglich ihrer Sensitivität gegenüber Lernfortschritten und der Erfassung von Faktenwissen bzw. konzeptuellem Wissen evaluiert. SJTs erwiesen sich dabei als sensibles Instrument um Wissensveränderungen zu erfassen. c_{sim} scheint konzeptuelle Aspekte des Wissens besser zu erfassen als R_{SJT} . Die Kontrollgruppe übertraf die Treatmentgruppe bezogen auf den Faktenwissenserwerb; bezüglich des konzeptuellen Wissenserwerbs ließen sich keine Unterschiede feststellen.

Abstract

This study investigates the influence of learning strategies on conceptual knowledge acquisition in cell biology. Forty four students ($M = 17.7$ years) used “concept mapping” (treatment group: TG) and “taking notes” (control group: CG) as learning strategies. Multiple choice tests were applied to quantify participants’ factual and conceptual knowledge. “Similarity judgments tests” (SJTs) were used as assessment instruments for structural aspects of knowledge. SJTs are analyzed by comparison with a reference system. Their quality was quantified by 2 indices, c_{sim} and R_{SJT} . Both indices were analyzed concerning their sensitivity in capturing learning progress and their concurrent validity for capturing factual and conceptual knowledge. SJTs proved as sensitive tools for capturing learning progress. c_{sim} seems to be more sensitive to conceptual aspects of knowledge than R_{SJT} . CG outperformed TG in factual knowledge acquisition. Conceptual knowledge acquisition was not improved by “concept mapping”.

1 Einleitung

Elaborierte Kenntnisse im Bereich der Zellbiologie sind eine wichtige Voraussetzung für die Verständnisenwicklung in anderen biologischen Teildisziplinen, wie beispielsweise der Physiologie oder der Neurobiologie. Zahlreiche explorative Studien kommen zu dem Ergebnis, dass im Bereich der Zellbiologie massive Verständnisprobleme seitens der Lernenden bestehen (u. a. HESSE, 2002; FLORES et al., 2003). Diese können auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden:

Verständnisenwicklung auf dem Gebiet der Zellbiologie bedarf der Herstellung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen. Dies wird dadurch erschwert, dass beide Aspekte unmittelbaren Erfahrungen verborgen bleiben. Sie können lediglich durch metaphorische Projektion von Vorstellungen aus anderen Ursprungsbereichen verstanden werden (RIEMEIER, 2005). Dies birgt die Gefahr fachlich nicht angemessene Vorstellungen (z. B. anthropomorphe Vorstellungen) zu entwickeln (FLORES et al., 2003). Neben fachlich unangemessenen Vorstellungen bildet ein Mangel an exaktem, strukturiertem Wissen (HESSE, 2002; FLORES et al., 2003) die Hauptursache für die Verständnisprobleme von Lernenden. Dass Struktur-Funktions-Zusammenhänge (LEWIS et al., 2000a, 2000b, 2000c; HESSE, 2002; FLORES et al., 2003) und Zusammenhänge zwischen der Mikro- und Makroebene nicht hergestellt werden (GONZALEZ WEIL et al., 2006b), mag daher nicht überraschen.

Unterstellen wir ein semantisches Modell des Gedächtnisses, so lassen sich die Verständnisprobleme der Lernenden auf (i) die Konstruktion fachlich falscher Begriffe bzw. Zusammenhänge und (ii) die unzureichende Vernetzung der kognitiven Struktur zurückführen.

2 Theorie

Das Verstehen fachlicher Inhalte aus den Bereichen der Zellbiologie, der Physiologie und der Neurobiologie erfordern ein Denken in Zusammenhängen (GOLDSMITH et al., 1991; FLORES et al., 2003). Dieses spielt eine zentrale Rolle für das Verständnis der Zelle als strukturelle und funktionelle Grundeinheit aller Lebewesen und für den Wechsel zwischen verschiedenen Systemebenen. Neben der Kenntnis von Fakten und dem korrekten Gebrauch der Fachsprache bildet das Verstehen von Zusammenhängen zwischen naturwissenschaftlichen Begriffen die Voraussetzung für den Erwerb naturwissenschaftlicher Grundbildung (KATTMANN, 2003).

Internationale Vergleichsstudien wie TIMSS und PISA kommen zu dem Ergebnis, dass Unterricht häufig isolierte Detailkenntnisse hervorbringt (BAUMERT et al., 2001; KATTMANN, 2003). Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass Lernen im schulischen Kontext überwiegend additiv erfolgt. Kumulatives Lernen setzt die bewusste (vs. willkürliche) Integration neuer Informationen in das Vorwissen voraus. Dies erfordert neben einer gut organisierten Wissensstruktur die Bereitschaft neue Propositionen aufzubauen (NOVAK, 2002; KATTMANN, 2003).

2.1 Entwicklung domänenspezifischer Expertise

Die Expertiseforschung legt den Fokus des Erkenntnisinteresses auf die Entwicklung domänenspezifischer Expertise (SANDMANN, 2007). Leistungsunterschiede zwischen Novizen und Experten werden auf die Natur der vorhandenen (bereichsspezifischen) Wissensbasis, die verfügbaren operativen Fähigkeiten und die individuelle Lernkompetenz zurückgeführt (WEINERT, 1984; VANLEHN, 1993; LIND et al., 2003). Personen hoher Expertise verfügen über umfangreiche, dicht vernetzte Wissensrepräsentationen (PRESSLEY et al., 1989; GOLDSMITH et al., 1991; REIMANN, 1998; TYNJÄLÄ, 1999).

In der überarbeiteten Form der Lernziel-Taxonomie nach Bloom werden vier Wissensdimensionen unterschieden (KRATHWOHL, 2002): Faktenwissen, konzeptuelles, prozedurales und metakognitives Wissen. Im Zentrum dieser Studie steht die Verbesserung des deklarativen, domänenspezifischen Wissenserwerbs. Dieser Bereich wird durch die ersten beiden Wissensdimensionen abgebildet. Der Terminus des Faktenwissens bezeichnet isoliertes Detailwissen. Dagegen wird unter konzeptuellem Wissen ein gut organisiertes Netzwerk aus den Schlüsselbegriffen und Prinzipien einer Domäne verstanden (KRATHWOHL, 2002).

Außer in ihrem Wissen unterscheiden sich Experten von Novizen in ihrer „(bereichsspezifischen) Lernkompetenz“ (LIND et al., 2003). Diese ist die Voraussetzung für den Aufbau eines breiten domänenspezifischen Wissens (VANLEHN, 1993). Unter „Lernkompetenz“ versteht VANLEHN (1993) „die Fähigkeit (...), Lernstrategien in Abhängigkeit von den jeweiligen Aufgabenanforderungen flexibel“ (LIND et al., 2003) und „situationsangemessen“ einzusetzen (MANDL et al., 1992). Lernstrategien bezeichnen dabei zielführende Handlungssequenzen, die bewusst eingesetzt, jedoch mit steigendem Expertisegrad schrittweise automatisiert werden (MANDL et al., 1992; LIND et al., 2003). WILD und SCHIEFELE (1994) unterscheiden zwischen kognitiven, metakognitiven und ressourcenbezogenen Lernstrategien.

NELSON und NARENS (1996) unterscheiden im kognitiven System des Menschen eine Objekt- und eine Metaebene. Prozesse der Objektebene lassen sich mit Hilfe des Kognitionsbegriffs nach WILD und SCHIEFELE (1994) sowie BÜTTNER und SCHLAGMÜLLER (2005) beschreiben und umfassen alle Denkprozesse, die an der unmittelbaren Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung von Informationen sowie an deren weiteren Nutzung beteiligt sind. Kognitive Lernstrategien wirken direkt auf die zu verarbeitende Information ein, sie operieren auf der Objektebene. WILD und SCHIEFELE (1994) unterscheiden Wiederholungs-, Elaborations- und Organisationsstrategien.

Mitte der 70er Jahre wurde solchen Denkprozessen vermehrte Aufmerksamkeit gewidmet, die mit der Überwachung und Steuerung eben dieser Prozesse in Verbindung stehen (EFKLIDES, 2006; VEENMAN et al., 2006). FLAVELL (1984) bezeichnete diesen Typ von Denkprozessen als Metakognitionen. NELSON und NARENS (1996) stellen sie als Prozesse der Metaebene den oben beschriebenen Prozessen der Objektebene gegenüber. Beide Ebenen stehen in wechselseitiger Beziehung. Bestandteil der Metaebene ist ein Modell der Objektebene. Damit dieses Modell den veränderten Realitäten des Systems angeglichen werden kann, sorgen Überwachungsaktivitäten (Monitoring) für einen kontinuierlichen Informationsfluss von der Objekt- zur Metaebene und informieren über den aktuellen Zustand der Objektebene. Gleichsam wirkt die Metaebene auf die Objektebene zurück. Über Regulationsaktivitäten seitens der Metaebene kann auf die Prozesse der Objektebene und somit auf deren Zustand Einfluss genommen werden (NELSON et al., 1996). Unter metakognitiven Lernstrategien verstehen wir Aktivitäten der Kontrolle des Lernprozesses. Es handelt sich dabei um Planungs-, Regulations-, Überwachungs- und Evaluationsaktivitäten, die kognitive Funktionen der Objektebene zum Gegenstand der Reflexion bzw. Manipulation machen (WILD et al., 1994; LOOß, 2007).

2.2 Concept Mapping als Lernstrategie

Semantische Modelle des Gedächtnisses gehen davon aus, dass deklaratives Wissen in Gestalt kognitiver Begriffsnetze (propositionaler Netze) gespeichert wird (MANDL et al., 2002). In diesen Netzen stellen Begriffe die Knotenpunkte dar, deren Bedeutung sich durch Verbindungen mit anderen Begriffen erschließt (COLLINS et al., 1975). In Anlehnung an KATTMANN (1993) bezeichnet ein Begriff den „Inhalt und Umfang“ eines "kognitiven Konstruktes“. Wird das Gedächtnis an zwei Knotenpunkten aktiviert, so beginnt eine Suche nach der gemeinsamen Schnittmenge der aktivierten Begriffe. Je mehr Merkmale zwei Begriffe teilen, desto größer fällt diese Schnittmenge aus. Dabei gibt der Umfang der gemeinsamen Schnittmenge Auskunft über die semantische Ähnlich-

keit, die Gesamtsumme aller Links bzw. Pfade, die diese Begriffe miteinander verbinden (COLLINS et al., 1975). So dürfte die semantische Ähnlichkeit der Begriffe „Pflanzenzelle“ und „Tierzelle“ größer sein, als die der Begriffe „Chloroplast“ und „Lysosom“. Letztere verbindet v. a. ihr Organellcharakter, während jene neben gemeinsamen Zellorganellen noch viele andere Merkmale teilen.

Die Erfassung von Zusammenhängen ist ein Charakteristikum kumulativen Lernens (KATTMANN, 2003). „Concept Maps“ zeigen strukturierte bildliche Darstellungen von Zusammenhängen (JÜNGST, 1995), in denen Netzknoten über beschriftete Relationen verbunden sind (JÜNGST et al., 1995; STRACKE, 2004; NOVAK et al., 2006). „Concept Mapping“ hat sich als Lernstrategie (MANDL et al., 2002) zur Unterstützung der Kohärenzbildung beim Lernen mit Texten bewährt (SCHNOTZ, 1994). Es verbessert die Integration neuer Informationen in das Vorwissen und unterstützt dadurch bedeutungsvolles Lernen (MARKOW et al., 1998; NOVAK et al., 2006). Gemäß der Definitionen von WILD und SCHIEFELE (1994), kann „Concept Mapping“ als eine Lernstrategie bezeichnet werden, die Elaborations- und Organisationsaktivitäten unterstützt. Zudem verbessert es das metakognitive Lernverhalten (NOVAK, 1990): In Anlehnung an ein semantisches Modell des Gedächtnisses kann postuliert werden, dass die Abbildung propositionaler Netze des Gedächtnisses (NOVAK, 1990; MANDL et al., 2002; IULI et al., 2004) bei der Aufdeckung von fachlich nicht angemessenen Vorstellungen und Wissenslücken hilft und reflexives Denken anregt (NOVAK, 1990; RICKEY et al., 2000; MANDL et al., 2002; IULI et al., 2004). Aufgrund der vorangegangenen Überlegungen wird davon ausgegangen, dass „Concept Mapping“ die individuelle Lernkompetenz steigert und den konzeptuellen Wissenserwerb verbessert. Offen bleibt, ob „Concept Mapping“ bei einmaligem Einsatz den Erwerb konzeptuellen Wissens in der Zellbiologie verbessern kann (Fragestellung 1).

2.3 Erfassung von konzeptuellem Wissen

Hypothetisch wird konzeptuelles Wissen in Netzwerken gespeichert. Daher liegt es nahe, es auf eine Weise zu operationalisieren, die ihrerseits zu Netzwerkrepräsentationen führt (GOLDSMITH et al., 1991; SCHNEIDER, 2006). Netzwerkrepräsentationen können über direkte oder indirekte Verfahren erhoben werden. Ziel beider Verfahren ist es, den Fokus auf strukturelle Eigenschaften konzeptuellen Wissens zu legen. „Concept Mapping“ ist ein Verfahren, mit dem die semantische Struktur des Gedächtnisses direkt erhoben werden kann (SHAVELSON et al., 2000; NOVAK et al., 2006). Es kommt in dieser Studie jedoch nicht als Evaluationsinstrument zum Einsatz.

Andere Verfahren wie „Similarity Judgments Tests“ (SJTs) (BROWN et al., 1983; STANNERS et al., 1983; GOLDSMITH et al., 1991; NOVAK et al., 2004) erfassen die Wissensstruktur auf indirekte Weise und bilden die Datengrundlage zur Erstellung von „Cognitive Maps“ (SCHVANEVELDT et al., 1989; JONASSEN et al., 1993; SHAVELSON et al., 2000). „Cognitive Maps“ stellen ein hypothetisches Konstrukt der kognitiven Struktur für einen bestimmten Inhaltsbereich in Form expliziter Netzwerkrepräsentationen dar (FENKER, 1975; GEESLIN et al., 1975; JONASSEN et al., 1993).

SJTs bedingen folgende Vorgehensweise (siehe Abb. 1): (i) In einem ersten Schritt erfolgt ein Test, der das Verständnis des Individuums misst, wie stark verschiedene Begriffe miteinander verwandt sind. Maßgeblich für die Einschätzung der Verwandtschaft zweier Begriffe ist ihre semantische Ähnlichkeit. SJTs erfassen die semantische Ähnlichkeit über Paarvergleiche. Diese Paarvergleiche werden über Ratings vorgenommen. Dabei werden alle Begriffe eines Begriffspools miteinander gepaart und die Begriffe eines jeden Paares in Bezug auf ihre semantische Ähnlichkeit beurteilt. Die Ratings werden in eine Ähnlichkeitsmatrix überführt, in der jede Position genau einem Paarvergleich entspricht. (ii) Diese Ähnlichkeitsmatrix kann über den Pathfinder Skalierungsalgorithmus in eine „Cognitive Map“ transformiert werden. In dieser Repräsentation der kognitiven Struktur werden Begriffe als Knoten und ihre Verwandtschaft durch direkte (Links) oder indirekte Verknüpfungen (Pfade) dargestellt. (iii) „Cognitive Maps“ können softwarebasiert mit einem Referenzsystem verglichen werden (GOLDSMITH et al., 1991). Die Software Pathfinder KNOT[®] berechnet dazu den Korrespondenzkoeffizienten *csim*, welcher die Ähnlichkeit zwischen der „Cognitive Map“ eines Teilnehmers und dem Referenzsystem quantifiziert. *csim* ist der Quotient aus der Anzahl gemeinsam geteilter Relationen zweier Netzwerkrepräsentationen (PFNets) und der Anzahl aller vorkommenden Relationen. Neben dem Korrespondenzkoeffizienten *csim* berechnet Pathfinder KNOT[®] Korrelationen aus den Rohdaten der SJTs, d.h. zwischen allen Werten der Ähnlichkeitsmatrix des Probanden und des Referenzsystems. Der Übereinstimmung der Rohdaten wird durch den Korrelationskoeffizienten R_{SJT} ausgedrückt.

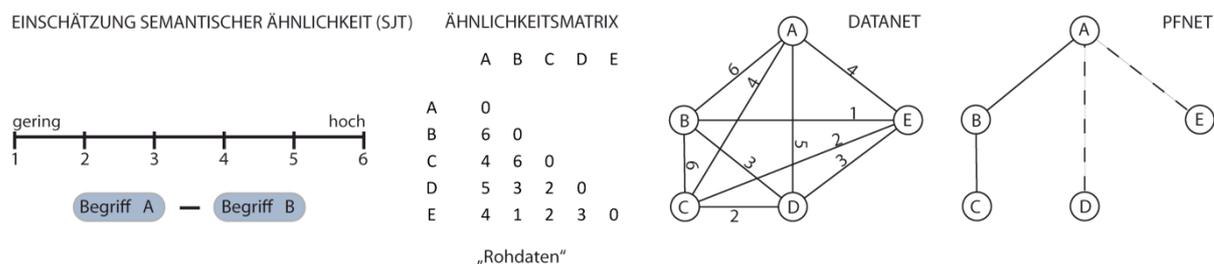


Abb. 1: Methodischer Ablauf bei der Erstellung einer „Cognitive Map“ (PFNet): Einschätzung der semantischen Ähnlichkeit von fünf Begriffen über Paarvergleiche (6-stufige Ratingskala). Erstellung einer Ähnlichkeitsmatrix aus den Ratings. Transformation¹ der Ähnlichkeitsmatrix in eine graphische Repräsentation der kognitiven Struktur (PFNET).

Die Sensitivität von SJTs gegenüber Wissensveränderungen konnte in zahlreichen Studien bestätigt werden. Gemein haben diese Studien, dass sie sich über einen mehrwöchigen Zeitraum erstrecken und im Bereich der Psychologie (BROWN et al., 1983; STANNERS et al., 1983; GOLDSMITH et al., 1991) und der Physik angesiedelt sind (JOHNSON, 1969). Es bleibt offen, ob kurzzeitige Lernphasen bereits zu Veränderungen von Wissensstrukturen führen, die durch SJTs erfassbar sind (Fragestellung 2).

STANNERS et al. (1983) gingen davon aus, dass kurze Essays von Studierenden konzeptuelles Wissen aufdecken. In einer Studie untersuchten sie den Zusammenhang zwischen der Qualität der Essays und der Leistung in einem SJT. Aus einer kanonischen Korrelation ($r = .67$) schlossen sie, dass SJTs konzeptuelles Wissen valide erfassen. Da ein Vergleich mit Aufgaben zum Faktenwissen ausblieb, bleibt offen, ob SJTs besser mit Aufgaben zum konzeptuellen Wissen als zum Faktenwissen korrelieren. GOLDSMITH et al. (GOLDSMITH et al., 1991) untersuchten die prognostische Validität verschiedener Indizes auf die Kursleistung von Studierenden. Dabei fanden sie heraus, dass Pathfinder-generierte Transformationen der Ähnlichkeitsmatrizen (z. B. Index *csim*) eine höhere prognostische Validität aufwiesen als R_{SJT} . Offen bleibt, ob *csim* mit Aufgaben zum Faktenwissen bzw. konzeptuellen Wissen besser korreliert als R_{SJT} . Da *csim* aus Netzwerkrepräsentationen hervorgeht und konzeptuelles Wissen auf diese Weise operationalisiert wird, wird postuliert, dass *csim* mit Aufgaben zum konzeptuellen Wissen besser korreliert als mit Aufgaben zum Faktenwissen (Fragestellung 3).

¹ Zwei Begriffe werden durch einen direkten Link verbunden, wenn das entsprechende Ähnlichkeitsurteil größer ist als der kürzeste indirekte Pfad zwischen diesen Begriffen (GOLDSMITH, JOHNSON et al., 1991). Im Beispiel ist diese Bedingung für die Begriffe D und E nicht erfüllt (vgl. DATANET). Um ein zusammenhängendes PFNet zu erzeugen, werden sie jeweils mit dem Begriff verbunden, dessen semantische Ähnlichkeit am größten eingeschätzt wird.

3 Hypothesen

1. Der konzeptuelle Wissenserwerb in der Zellbiologie wird im Vergleich zur Kontrollgruppe durch „Concept Mapping“ (Treatment) verbessert.
2. Kurzzeitige Lernphasen bewirken Veränderungen von Wissensstrukturen, die durch SJTs gemessen werden können.
3. csim korreliert stärker mit Aufgaben, die vorgeben konzeptuelles Wissen zu erfassen als mit Aufgaben, die vorgeben Faktenwissen zu erfassen.

4 Methodik

Am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel wurde eine quasiexperimentelle Interventionsstudie mit einem Pre- / Posttest-Kontrollgruppendesign durchgeführt. An der Untersuchung nahmen 44 TeilnehmerInnen der dritten Vorrunde der internationalen Biologieolympiade (IBO) teil. 19 Teilnehmer der Untersuchung waren männlich, 25 weiblich. Zum Erhebungszeitpunkt waren die TeilnehmerInnen im Mittel 17.7 Jahre alt (SD = 1.0). Die gesamte Untersuchung nahm 180 Minuten in Anspruch.

Allen TeilnehmerInnen wurde ein 4-seitiger Text (ca. 1400 Wörter) zum Thema „Membransysteme im Cytoplasma: Struktur, Funktion und Membrantransport“ vorgelegt, der ihnen für die Dauer der Interventionsphase (75 Minuten) zur Verfügung stand. Zwischen den beiden Gruppen bestanden Unterschiede hinsichtlich der Lernstrategie, die zum Aufbau von konzeptuellem Wissen bezogen auf zwölf markierte Konzepte (u.a. Golgi-Apparat, raues ER, Signalerkennungspartikel) genutzt wurde. Die Lernstrategie bildete damit die unabhängige Variable und wurden in zwei Ausprägungen operationalisiert: (i) Die TeilnehmerInnen der Kontrollgruppe nutzten eine konventionelle Lernstrategie. Sie fertigten Notizen über wichtige Aspekte des Textes in WordPad[®] an. (ii) Die TeilnehmerInnen der Treatmentgruppe übersetzten denselben Text mit Hilfe der Software MaNET[®] in „Concept Maps“. Zu diesem Zweck wurden ihnen 18 Begriffe und 6 Relationen vorgegeben, mit denen sich die wesentlichen Aussagen des Textes beschreiben ließen. Eine 30-minütige Einführung ins „Concept Mapping“ stellte sicher, dass die TeilnehmerInnen der Treatmentgruppe mit der Software vertraut waren und die Lernstrategie beherrschten. Die Zuweisung der TeilnehmerInnen in Gruppen erfolgte auf Grundlage der Testergebnisse der zweiten IBO-Vorrunde. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass leistungshomogene Gruppen gebildet wurden.

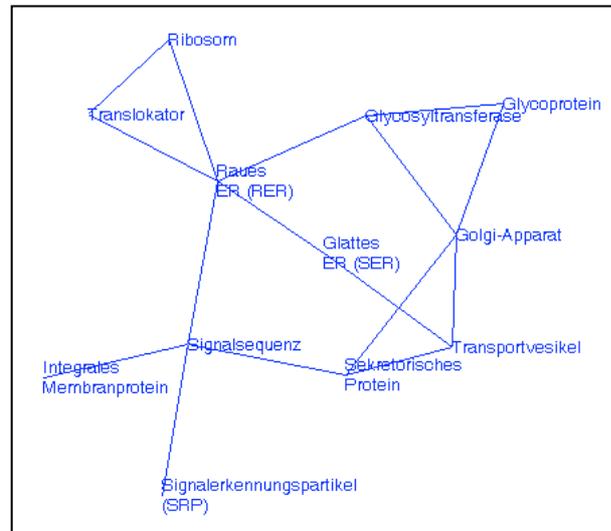


Abb. 2: Das Referenzsystem als PFNet ($\infty, n-1$). Grundlage für die Erstellung des PFNets bildeten "Similarity Judgments Tests" zweier Experten. Direkte Verknüpfungen zwischen den Begriffen deuten hohe semantische Ähnlichkeit an. Mit zunehmender Pfadlänge sinkt die semantische Ähnlichkeit zweier Begriffe.

Als abhängige Variablen wurden konzeptuelles Wissen sowie Faktenwissen erhoben. Beide Variablen wurden im Vortest kontrolliert. Faktenwissen und konzeptuelles Wissen wurden über Multiple Choice Aufgaben erhoben. Dieses Aufgabenformat eignet sich zur Erfassung des Wissensumfangs (SHAVELSON et al., 2000). Der Faktenwissenstest "FW" (Cronbachs α im Nachtest = .76) setzt sich aus sechs Items zusammen. In den Test zur Erfassung konzeptuellen Wissens "KW" fließen 19 Items ein (Cronbachs α im Nachtest = .88). In beide Messinstrumente wurden ausschließlich Items mit einem Schwierigkeitsindex zwischen 10% bis 90 % (Zöllner, 1991 in LEIBOLD, 1997) und einer Trennschärfe größer .2 aufgenommen. In Abhängigkeit vom Expertisegrad eines Individuums können Unterschiede hinsichtlich des Umfangs konzeptuellen Wissens sowie seiner Organisationsstruktur festgestellt werden (SHAVELSON et al., 2000; BEATTY et al., 2002). Dieser zweite Aspekt wurde über SJTs erfasst. Zu diesem Zweck wurden 12 Begriffe ausgewählt, die in dem 4-seitigen Text eine wichtige Rolle spielten. Gemäß $n(n-1)/2$ ergaben sich für 12 Begriffe 66 Paarvergleiche. Die Abgabe der Ratings erfolgte softwarebasiert (Programm RATE) über eine 9-stufige Ratingskala. Um unerwünschte Kontexteffekte zu reduzieren, wurden die Paarvergleichsanordnungen nach dem Algorithmus von ROSS generiert (1934 in NIKETTA, 1989). Das Referenzsystem (siehe Abb. 2) wurde von zwei Experten im Bereich der Zellbiologie über SJTs erhoben. Es wird davon ausgegangen, dass es die formale Struktur (Inhaltsstruktur) des Fachgebiets widerspiegelt.

5 Ergebnisse und Diskussion

Ein t-Test für abhängige Stichproben wurde eingesetzt, um Leistungsunterschiede zwischen Vor- und Nachtest zu ermitteln. Tabelle 1 zeigt, dass die Lernwirksamkeit der 75-minütigen Intervention bestätigt werden kann. Beide Multiple Choice Tests (FW und KW) werden nach der Intervention signifikant besser gelöst als im Vortest.

Tab. 1: Vergleich der Testergebnisse aus Vor- und Nachtest (N = 44)

Wissensindex	Mittelwert		Standardabweichung		t(43)	d ^a
	Vortest	Nachtest	Vortest	Nachtest		
FW ^b	2.68	5.23	1.18	1.05	-10.42 ^{***}	2.28
KW ^c	8.09	15.05	3.09	3.62	-13.53 ^{***}	2.07
csim ^d	.13	.24	.06	.09	-6.71 ^{***}	1.41
R _{SJT} ^e	.26	.65	.12	.17	-14.78 ^{***}	2.60

^aEffektstärke *d* nach COHEN (1983). ^bWissensindex „Faktenwissen“, erhoben durch einen Multiple Choice Test (maximale Punktzahl $P_{\max} = 6$). ^cWissensindex „konzeptuelles Wissen“, erhoben durch einen Multiple Choice Test ($P_{\max} = 19$). ^dKorrespondenzkoeffizient *csim* (Wertebereich 0 bis 1) gibt Auskunft über die mittlere Ähnlichkeit der „Cognitive Maps“ der TeilnehmerInnen mit dem Referenzsystem. ^eDer Korrelationskoeffizient R_{SJT} gibt Auskunft über die mittlere Übereinstimmung der Ähnlichkeitsmatrizen der TeilnehmerInnen und des Referenzsystems.

*** $p < .001$

Hypothese 2 vermutet, dass SJTs eine sensitive Methode darstellen um Wissensveränderungen zu messen. Die Hypothese kann für beide Indizes, R_{SJT} und *csim*, verifiziert werden. Das Ergebnis kann wie folgt interpretiert werden: Die Rohdaten (Ratings) bzw. die aus den Rohdaten generierten "Cognitive Maps" gleichen sich im Verlauf der Intervention dem Referenzsystem an. Für alle vier Wissensindizes kann nach der Klassifikation von COHEN (COHEN, 1983) jeweils ein starker Effekt ($d > 0.8$) berichtet werden. Der beträchtliche Unterschied zwischen den Effektstärken von *csim* und R_{SJT} deutet darauf hin, dass R_{SJT} sensitiver auf Lernfortschritte reagiert als *csim*. Dies könnte daran liegen, dass mit der Verarbeitung der Rohdaten durch den Pathfinder Skalierungsalgorithmus ein Informationsverlust eintritt, da im PFNet lediglich starke Relationen abgebildet werden. Gegen diese Vermutung spricht, dass GOLDSMITH et al. (GOLDSMITH et al., 1991) für *csim* eine bessere prognostische Validität bezüglich der Kursleistung fanden als für R_{SJT} .

Zur Bestimmung der Übereinstimmungsvalidität zwischen den Indizes *csim* (bzw. R_{SJT}) mit den Punktzahlen der TeilnehmerInnen in den Multiple Choice Aufgaben FW und KW, werden Produkt-Moment Korrelationen nach Pearson zwischen den vier Wissensindizes des Nachtests durchgeführt. Tabelle 2 zeigt

die Korrelationsmatrix. Der Korrespondenzkoeffizient *csim* korreliert nur mit dem Wissensindex KW signifikant, während der Korrelationskoeffizient R_{SJT} sowohl mit FW als auch mit KW signifikant korreliert. Dies lässt vermuten, dass *csim* ein besserer Indikator zur Erfassung konzeptuellen Wissens ist als R_{SJT} ². Hypothese 3 kann verifiziert werden. Bezogen auf die Untersuchung von GOLDSMITH und JOHNSON (GOLDSMITH et al., 1991) kann vermutet werden, dass das Testinstrument für die korrespondierende Variable größeres Gewicht auf die Erfassung konzeptuellen Wissens gelegt haben mag.

Tab. 2: Interkorrelationen zwischen verschiedenen Wissensindizes des Nachttests (N = 44)

Wissensindex	<i>csim</i> ^a	R_{SJT} ^b	FW ^c	KW ^d
<i>csim</i>	--	.71**	.15	.39**
R_{SJT}		--	.42**	.34*
FW			--	.12
KW				--

^aKorrespondenzkoeffizient *csim* (Wertebereich 0 bis 1) gibt Auskunft über die mittlere Ähnlichkeit der „Cognitive Maps“ der TeilnehmerInnen mit dem Referenzsystem. ^bDer Korrelationskoeffizient R_{SJT} gibt Auskunft über die mittlere Übereinstimmung der Ähnlichkeitsmatrizen der TeilnehmerInnen und des Referenzsystems. ^cWissensindex „Faktenwissen“, erhoben durch einen Multiple Choice Test (maximale Punktzahl $P_{max} = 6$). ^dWissensindex „konzeptuelles Wissen“, erhoben durch einen Multiple Choice Test ($P_{max} = 19$).

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

Eine univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung wurde durchgeführt, um zu testen, ob der Lernstrategieinsatz Einfluss auf den Wissenserwerb nimmt. Hypothese 1 vermutet, dass "Concept Mapping" den Aufbau konzeptuellen Wissens in der Zellbiologie unterstützt. Hinsichtlich des konzeptuellen Wissenserwerbs (KW: $F[1, 27] = 0.03$; ns; $d = 0.06$) und der Angleichung der Ähnlichkeitsurteile an die Expertenratings (R_{SJT} : $F[1, 27] = 0.17$; ns; $d = 0.16$) können keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Bezogen auf den Korrespondenzkoeffizienten *csim* kann ein mittlerer Effekt von $d = 0.43$ zu Gunsten der Treatmentgruppe gemessen werden, der jedoch nicht signifikant³ ist ($F[1, 27] = 1.30$; ns). Ein starker Effekt ($d = 0.86$) der Gruppenzugehörigkeit auf den Wissenserwerb kann jedoch für den Wissensindex FW berichtet werden ($F[1, 27] = 5.16$; $p < .05$). Abbildung 3 zeigt einen zu Gunsten der Kontrollgruppe wirkenden Effekt. Dieses Ergebnis überrascht insbesondere deshalb, weil in einer Untersuchung von GONZALEZ-WEIL (2006a) ein gegen-teiliger Effekt beobachtet werden konnte. „Concept Mapping“ hatte positiven

² Um diese Vermutung zu testen, werden *csim* (bzw. R_{SJT}) mit den Indizes FW und KW partiell korreliert, wobei entweder der Einfluss von KW oder FW kontrolliert wird. Wird der Einfluss von KW herauspartialisiert, so erklärt R_{SJT} 17% des Varianzanteils von FW. Dagegen klärt *csim* unter diesen Bedingungen nur 1% des Varianzanteils von FW auf. Wird dagegen der Einfluss von FW herauspartialisiert, so erklären R_{SJT} 10% des Varianzanteils von KW und *csim* 13% des Varianzanteils von KW.

³ Eine Poweranalyse in G*Power[®] zeigt, dass unter den gegebenen Voraussetzungen ab einer Stichprobengröße von $N = 140$ signifikante (und hypothesenkonforme) Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich *csim* festgestellt werden könnten.

Einfluss auf den konzeptuellen Wissenserwerb, jedoch keinen Einfluss auf den Erwerb von Faktenwissen.

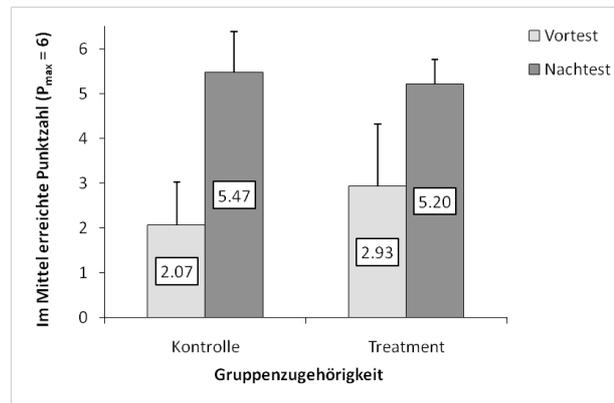


Abb. 3: Zu den beiden Messzeitpunkten im Mittel erreichte Punktzahl im Faktenwissenstest (Multiple Choice) nach Gruppenzugehörigkeit. (N = 30). Die Fehlerindikatoren zeigen die einfache Standardabweichung.

Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis könnte sein, dass die Intervention insgesamt zu kurz ist, um den Teilnehmern Gelegenheit zu geben ein tieferes Verständnis aufzubauen. Der fehlende, in Bezug auf den Erwerb von Faktenwissen sogar nachteilige Effekt des Strategietrainings auf die Behaltensleistung der TeilnehmerInnen fügt sich in eine Reihe von Studien ein, in denen lernhemmende Effekte bei der Vermittlung neuer Lernstrategien beobachtet werden. Nach FRIEDRICH (1992) können lernhemmende Effekte eintreten, "wenn Lernende versuchen, eine - wenn auch nicht optimale - aber doch funktionierende Lernstrategie durch eine neue, noch unvertraute Strategie zu ersetzen." Durch einen Konflikt zwischen der alten und neuen Strategie kann die Informationsverarbeitung beeinträchtigt werden und zu einer Verschlechterung der Behaltensleistung führen (FRIEDRICH, 1992). Um diesem Effekt zu begegnen, müsste eine längerfristige Trainingsmaßnahme konzipiert werden, die die hinreichende Vertrautheit mit der Lernstrategie "Concept Mapping" garantiert. Der lernhemmende Effekt ist für die Interpretation der Ergebnisse dieser Studie wichtig, da vermutet werden kann, dass es sich bei der untersuchten Stichprobe um Lernende handelte, die bereits über bewährte Lernstrategien verfügten.

6 Fazit

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass "Similarity Judgments Tests" als sensitives Instrument zur Erfassung von Wissensveränderungen eingesetzt werden können. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Sensitivität der Indizes R_{SJT} bzw. $csim$ gegenüber Faktenwissen bzw. konzeptuellen Wissen unterscheidet. Das eingangs formulierte Ziel, den konzeptuellen Wissenserwerb

in der Zellbiologie durch die Erstellung von "Concept Maps" zu verbessern, konnte nicht erreicht werden.

Im Sommersemester 2008 wird eine Studie durchgeführt, die "Concept Mapping" und die Anfertigung von Notizen als Lernstrategien in kooperative Lernprozesse einbettet. Nach NEBER (2001) verbessert kooperatives Lernen insbesondere dann die Lernperformanz, wenn Denkprozesse externalisiert werden und „soziales monitoring“ erfolgt. "Concept Mapping" wird mit beiden Aspekten in Verbindung gebracht. Es hat sich bei der Verbesserung von Kommunikationsprozessen bewährt (FREEMAN, 2004) und wird als metakognitives Werkzeug betrachtet (NOVAK, 1990; IULI et al., 2004). Ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Metakognitionsniveau der Lernenden und der Lernperformanz beim "Concept Mapping" wird untersucht. Die Erweiterung der Studie um eine zweite Experimentalgruppe, die instruktionalen Lernhilfen in Form "metakognitiver Prompts" bekommt (LIN et al., 1999; STARK et al., 2008), befindet sich in Vorbereitung.

Zitierte Literatur

- BAUMERT, J., KLIEME, E. & BOS, W. (2001): Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. In: BMBF [Hrsg.]: TIMSS - Impulse für Schule und Unterricht. Medienhaus Biering, München.
- BEATTY, I.D. & GERACE, W.J. (2002): Probing physics students' conceptual knowledge structures through term association. *American Journal of Physics* **70** (7), 750-758.
- BROWN, L.T. & STANNERS, R.F. (1983): The Assessment and Modification of Concept Interrelationships. *Journal of Experimental Education* **52** (1), 11-21.
- BÜTTNER, G. & SCHLAGMÜLLER, M. (2005): Wissenserwerb in der Schule. In: G. BÜTTNER, F. SAUTER & W. SCHNEIDER [Hrsg.]: Empirische Schul und Unterrichtsforschung - Beiträge aus Pädagogischer Psychologie, Erziehungswissenschaft und Fachdidaktik. Teil II: Wege zur Optimierung von Wissensvermittlung, 81-100.
- COHEN, J. (1983): *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Academic press, New York.
- COLLINS, A.M. & LOFTUS, E.F. (1975): A Spreading-Activation Theory of Semantic Processing. *Psychological Review* **82** (6), 407-428.
- EFKLIDES, A. (2006): Metacognition and affect, *Educational Research Review* **1**, 3-14.
- FENKER, R.M. (1975): The organization of conceptual materials. *Instructional Science* **4**, 33-57.
- FLAVELL, J.H. (1984): Annahmen zum Begriff Metakognition sowie zur Entwicklung von Metakognition. In: F.E. WEINERT & R.H. KLUWE [Hrsg.]: *Metakognition, Motivation und Lernen*. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 23-31.
- FLORES, F. & TAVOR, M.E. (2003): Representation of the cell and its processes in high school students: an integrated view. *International Journal for Science Education* **25** (2), 269-286.
- FREEMAN, L.A. (2004): The power and benefits of concept mapping.. Paper presented at the Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping, Pamplona, Spain.
- FRIEDRICH, H.F. (1992): Vermittlung von reduktiven Textverarbeitungsstrategien durch Selbstinstruktion. In: H. MANDL & H.F. FRIEDRICH [Hrsg.]: *Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention*. Hogrefe, Göttingen, 193-212.
- GEESLIN, W.E. & SHAVELSON, R.J. (1975): Comparison of content structure and cognitive structure in high school students' learning of probability. *Journal for Research in Mathematics Education* **6** (2), 109-120.

- GOLDSMITH, T.E., JOHNSON, P.J. & ACTON, W.H. (1991): Assessing Structural Knowledge. *Journal of Educational Psychology* **83** (1), 88-96.
- GONZALEZ WEIL, C. (2006a): Zusammenhang zwischen Konzeptwechsel und Metakognition. Logos Verlag, Berlin.
- GONZALEZ WEIL, C. & HARMS, U. (2006b, 11.-15.09.2006): The analysis of learning processes in cell biology by collaborative concept maps. Paper presented at the eridob, London.
- HESSE, M. (2002): Nur geringes Wissen über Zellbiologie. *IDB Münster - Ber. Inst. Didaktik Biologie* **11**, 21-33.
- IULI, R.J. & HELLDEN, G. (2004): Using concept maps as a research tool in science education research. Paper presented at the Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping, Pamplona, Spain.
- JOHNSON, P.E. (1969): On the communication of concepts in science. *Journal of Educational Psychology* **60** (1), 32-40.
- JONASSEN, D.H., BEISSNER, K. & YACCI, M. (1993): Structural knowledge. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey.
- JÜNGST, K.L. (1995): Studien zur didaktischen Nutzung von Concept Maps. *Unterrichtswissenschaft* **23** (3), 229-250.
- JÜNGST, K.L. & STRITTMATTER, P. (1995): Wissensstrukturdarstellungen: Theoretische Ansätze und praktische Relevanz. *Unterrichtswissenschaft* **23** (3), 194-207.
- KATTMANN, U. (1993): Das Lernen von Namen, Begriffen und Konzepten - Grundlagen biologischer Terminologie am Beispiel "Zellenlehre". *MNU* **46** (5), 275-285.
- KATTMANN, U. (2003): Vom Blatt zum Planeten. In: B. MOSCHNER, H. KIPER & U. KATTMANN [Hrsg.]: *Perspektiven für Lehren und Lernen - Pisa 2000 als Herausforderung*. Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler, 115-137.
- KRATHWOHL, D.R. (2002): A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into practice* **41** (4), 212-218.
- LEIBOLD, K. (1997): Modelle, Modellbildung und Modelleinsatz. Inaugural-Dissertation, Universität Bayreuth.
- LEWIS, J., LEACH, J. & WOOD-ROBINSON, C. (2000a): Chromosomes: the missing link. *Journal of Biological Education* **34** (4), 189-199.
- LEWIS, J., LEACH, J. & WOOD-ROBINSON, C. (2000b): What's in a cell? *Journal of Biological Education* **34** (3), 129-132.
- LEWIS, J. & WOOD-ROBINSON, C. (2000c): Genes, chromosomes, cell division and inheritance. *International Journal of Science Education* **22** (2), 177-195.
- LIN, X. & LEHMAN, J.D. (1999): Supporting Learning of Variable Control in a Computer-Based Biology Environment. *Journal of Research in Science Teaching* **36** (7), 837-858.
- LIND, G. & SANDMANN, A. (2003): Lernstrategien und Domänenwissen. *Zeitschrift für Psychologie* **211** (4), 171-192.
- LOOB, M. (2007): Lernstrategien, Lernorientierungen, Lern(er)typen. In: D. KRÜGER & H. VOGT [Hrsg.]: *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer-Verlag, Berlin, 141-152.
- MANDL, H. & FISCHER, F. (2002): Mapping-Techniken und Begriffsnetze in Lern- und Kooperationsprozessen. In: *Wissen sichtbar machen*. Mandl & Fischer, Göttingen, 3-12.
- MANDL, H. & FRIEDRICH, H.F. [Hrsg.] (1992): *Lern- und Denkstrategien*. Hogrefe, Göttingen.
- MARKOW, P.G. & LONNING, R.A. (1998): Usefulness of Concept Maps in College Chemistry Laboratories. *Journal of Research in Science Teaching* **35** (9), 1015-1029.
- NEBER, H. (2001): Kooperatives Lernen. In: D.H. ROST [Hrsg.]: *Handwörterbuch pädagogische Psychologie*. Beltz, Weinheim, 361-366.
- NELSON, T.O. & NARENS, L. (1996): Why Investigate Metacognition? In: J. METCALFE & A. SHIMAMURA [Hrsg.]: *Metacognition: knowing about knowing*. Bradford, Cambridge, MA, 1-25.
- NIKETTA, R. (1989): BASIC-Programme zur Paarvergleichsskalierung: Bielefeld: Universität Bielefeld, Fakultät für Soziologie.
- NOVAK, J.D. (1990): Concept maps and Vee diagrams. *Instructional Science* **19**, 29-52.
- NOVAK, J.D. (2002): Meaningful learning. *Science Education* **86** (4), 548-571.
- NOVAK, J.D. & CAÑAS, A.J. (2004): Building on new constructivist ideas and cmaptools to create a new model for education. Paper presented at the Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping, Pamplona, Spain.

- NOVAK, J.D. & CAÑAS, A.J. (2006, 09.12.2006): The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. Retrieved 09.12.2006, 2006, from <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>.
- PRESSLEY, M., BORKOWSKI, J.G. & SCHNEIDER, W. (1989): Good information processing: What it is and how education can promote it. *International Journal of Educational Research* **13**, 857-867.
- REIMANN, P. (1998): Novizen- und Expertenwissen. In: F. KLIX, N. BIRBAUMER & C.F. GRAUMANN [Hrsg.]: *Enzyklopädie der Psychologie: Theorie und Forschung*. Hogrefe, Göttingen, 335-367.
- RICKEY, D. & STACY, A.M. (2000): The Role of Metacognition in Learning Chemistry. *Journal of Chemical Education* **77** (7), 915-920.
- RIEMEIER, T. (2005): Schülervorstellungen von Zellen, Teilung und Wachstum. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* **11**, 41-55.
- SANDMANN, A. (2007): Theorien und Methoden der Expertiseforschung in biologiedidaktischen Studien. In: D. KRÜGER & H. VOGT [Hrsg.]: *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer-Verlag, Berlin, 231-242.
- SCHNEIDER, M. (2006): Konzeptuelles und prozedurales Wissen als latente Variablen: Ihre Interaktion beim Lernen mit Dezimalbrüchen. Retrieved 26.01.2007, 2007, from http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2006/1240/pdf/schneider_michael.pdf.
- SCHNOTZ, W. [Hrsg.] (1994): *Aufbau von Wissensstrukturen - Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten*. BELTZ Psychologie Verlags Union, Weinheim.
- SCHVANEVELDT, R.W., DURSO, F.T. & DEARHOLT, D.W. (1989): Network structures in proximity data. *The Psychology of Learning and Motivation* **24**, 249-284.
- SHAVELSON, R.J. & RUIZ-PRIMO, M.A. (2000, June 27): Windows into the mind. Retrieved 10.05.2007, 2007, from <http://www.enco-journal.com/news/not8.doc>.
- STANNERS, R.F., BROWN, L.T., PRICE, J.M. & HOLMES, M. (1983): Concept Comparisons, Essay Examinations, and Conceptual Knowledge. *Journal of Educational Psychology* **75** (6), 857-864.
- STARK, R., TYROLLER, M., KRAUSE, U.-M. & MANDL, H. (2008): Effekte einer metakognitiven Promptingmaßnahme beim situierten, beispielbasierten Lernen im Bereich Korrelationsrechnung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* **22** (1), 59-71.
- STRACKE, I. (2004): *Einsatz computerbasierter Concept Maps zur Wissensdiagnose in der Chemie*. Waxmann, Münster.
- TYNJÄLÄ, P. (1999): Towards expert knowledge? *International Journal of Educational Research* **31**, 357-442.
- VANLEHN, K. (1993): Problem solving and cognitive skill acquisition. In: M.I. POSNER [Hrsg.]: *Foundations of cognitive science*. The MIT Press, Cambridge.
- VEENMAN, M.V.J., VAN HOUT-WOLTERS, B.H.A.M. & AFFLERBACH, P. (2006): Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. *Metacognition Learning* **1**, 3-14.
- WEINERT, F.E. (1984): Metakognition und Motivation als Determinanten der Lerneffektivität: Einführung und Überblick. In: F.E. WEINERT & R.H. KLUWE [Hrsg.]: *Metakognition, Motivation und Lernen*. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 9-21.
- WILD, K.-P. & SCHIEFELE, U. (1994): Lernstrategien im Studium. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie* **15** (4), 185-200.

