

## **Textverständlichkeit und kognitive Belastung beim Lernen mit Text und Hypertext**

Jörg Zumbach<sup>1</sup> & Johann Pixner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaft  
Psychologisches Institut, Abteilung für Pädagogische Psychologie  
Universität Heidelberg

<sup>2</sup>Wirtschafts- und Verhaltenswissenschaftliche Fakultät  
Institut für Psychologie  
Arbeitsgruppe Arbeits- und Organisationspsychologie  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

## Zusammenfassung

Beim Lernen mit Hypertexten wird häufig die kognitive Mehrbelastung durch die Planung des eigenen Informationszugriffs, dem so genannten „Cognitive Overhead“ angeführt: Durch die im Vergleich zu einem linearen Text zusätzlich erforderliche

Aufmerksamkeitszuwendung für Navigationsanforderungen soll sich die Verarbeitungskapazität für den Lernprozess verringern.

Allerdings könnte ein Hypertext auch zu einem aktiveren Lese- und damit Lernverhalten ermuntern. Insbesondere bei komplexeren Inhalten, bei denen der Erwerb eines vertieften Verständnisses notwendig ist, könnte sich die Nicht-Linearität des Mediums als lernförderlich erweisen.

In einem 2x2-Untersuchungsdesign wurden Textlinearität („Hypertext“ vs. „linearer Bildschirmtext“) und Textverständlichkeit (ein Maß der Komplexität der Lernsituation) variiert. Erwartet wurde ein Wechselwirkungseffekt: bei komplexeren Aufgaben sollten Hypertexte besser geeignet sein, bei einfacheren Aufgaben hingegen lineare Texte.

Die Ergebnisse konnten den erwarteten Wechselwirkungseffekt nicht bestätigen. Allerdings lernten die Probanden in der Hypertextbedingung gleich gut und in einigen Teilaufgaben signifikant besser als die mit dem linearen Text Lernenden: ein negativer Effekt des „Cognitive Overhead“ konnte also nicht gefunden werden. Die Komplexität der verwandten Lernaufgabe scheint eine zentrale Rolle beim Lernen mit Text und Hypertext zu sein und wird in diesem Kontext diskutiert.

## **Abstract**

The term cognitive overhead is used to describe the additional mental effort necessary for navigation through hypertext. It is often seen as an endemic problem of learning with hypertext, as supposedly the cognitive overhead leads to less well processing of the learning material.

On the other hand it could be argued that hypertext with its non-linear nature may lead to more active reading and studying. This may be particularly helpful for studying more complex knowledge areas.

A 2x2 experimental study was conducted to research the impact of text format (hypertext vs. linear text) and readability (as a measure of complexity) on the learning outcome. An interaction effect was hypothesized: the linear text should be superior for studying the less complex text, while the hypertext should be superior studying the more complex text.

The results do not confirm the hypothesis. However, they show no negative impact of the cognitive overhead at all. The discussion explaining the results focuses on the complexity of the used learning task.

**Keywords:** Hypertext, Cognitive Overhead, Universitäres Lernen

# 1. Lernen mit Hypertext: Einfluss von Nicht-Linearität und Textkomplexität beim Lernen

Die zunehmende Digitalisierung von Informationen führt dazu, dass Lernen heute schon in steigendem Maße mit computerbasierten Texten stattfindet (Zumbach & Reimann, 2001).

Dies gilt besonders für Lernende an Hochschulen, die vor allem das Informations- und Kommunikationsangebot des Internet nutzen. Schätzungen zufolge greifen mittlerweile weltweit über 600 Millionen Menschen auf das Internet zu (United Nations Social and Economic Council, 2003). Texte aller Art werden immer häufiger „online publiziert“. Dabei unterscheiden sich computerbasierte Texte in einer Reihe von Eigenschaften von gedruckten Texten. Eine weit verbreitete Computertextform ist der Hypertext, dessen genaue Definition umstritten ist (Gerdes, 1997; Unz, 2000). Einigkeit besteht jedoch darin, dass Hypertexte nichtlineare Texte darstellen, bei denen der Gesamttext in einzelne Komponenten (Knoten) aufgeteilt wird, auf die ein flexibler und nicht-linearer Informationszugriff möglich ist (Freisler, 1994; Gerdes, 1997; Tergan, 2002). Diese nicht-lineare Textstruktur ermöglicht es Lesern, die einzelnen Abschnitte in weitgehend (je nach Vorgaben des Hypertextautors) beliebiger Reihenfolge abzurufen. Inwieweit diese „Nicht-Linearität“ lernförderlich oder lernbeeinträchtigend ist, wird kontrovers diskutiert.

Spiro und Jehng (1990) vermuten vor dem Hintergrund ihrer konstruktivistisch geprägten kognitiven Flexibilitätstheorie („Cognitive Flexibility Theory“), dass Hypertexte v.a. geeignet seien, um Zusammenhänge in ihrer tatsächlichen Komplexität zu vermitteln und dadurch den Wissenstransfer zu erhöhen. Verschiedene Befunde zeigen jedoch, dass sich Wissenserwerb (Gerdes, 1997; Stark, Graf, Renkl, Gruber & Mandl, 1995) oder verbesserter Transfer (Tergan, 2002) beim Lernen mit Hypermedia nur bei kompetenten Lernenden und

mit instruktioneller Unterstützung zeigen. Positive Ergebnisse beim Einsatz von Hypertext im Rahmen gemäßigt konstruktivistischer Ansätze fanden Zumbach und Reimann (2002), die Hypertext im Rahmen eines Goal-Based-Scenarios (GBS) als Wissensressource nutzten. Dabei ergaben sich im Vergleich zu einer reinen Hypertextbedingung sowie zu einem linear strukturierten tutoriellem Lernprogramm sowohl bessere Leistungen der mit dem GBS Lernenden, als auch ein verbesserter Wissenstransfer und eine höhere Motivation.

Gerdes (1997) hingegen beschreibt Nachteile von Hypertexten unter Rückgriff auf das Modell des Textverstehens von Kintsch und van Dijk (1978; van Dijk & Kintsch, 1983). Danach führt die kontextfreie Formulierung von Hypertextknoten zu einer erschwerten Bildung globaler Kohärenz. Dagegen lässt sich kritisch einwenden, dass es nach der Theorie mentaler Modelle für die Bildung globaler Kohärenz genügt, wenn deutlich wird, auf welches mentale Modell sich die dargestellten Inhalte beziehen (Johnson-Laird, 1990). Aber auch nach dem Modell des Textverstehens von Kintsch und van Dijk kann nur dann von einer erschwerten Bildung globaler Kohärenz (auf den Ebenen der Makro- bzw. Superstruktur) ausgegangen werden, wenn die Lesenden ein völlig lineares Leseverhalten zeigen. Dies erscheint jedoch eher fraglich: Vergleicht man den Lernprozess einer Person, die sich anhand von Lehrbüchern einen komplexen Inhalt erarbeitet, mit dem Lernprozess einer Person, die mit Hypermedien arbeitet, so finden sich gerade bei der Informationssuche Parallelen. So müssen z.B. auch bei der Arbeit mit einem Lehrbuch (a) Verbindungen zwischen Textstellen in einem Buch und zwischen anderen Werken gesucht und erstellt werden und (b) mehrere Werke in einen Gesamtkontext gesetzt werden, damit eine globale Kohärenzbildung erfolgen und Expertise aufgebaut werden kann. Diese Bedeutung nicht-linearen Lesens wird jedoch in Forschung und Ausbildung häufig unterschätzt (Guthrie & Mosenthal, 1987).

Diese Überlegung ist auch relevant hinsichtlich des „Cognitive Overhead“, einem Begriff den Conklin (1987) neben dem des „Lost-in-Hyperspace“ in die Hypertextforschung eingeführt hat. Mit Lost-in-Hyperspace bezeichnet man den Zustand, wenn eine Person nicht mehr weiß, an welcher Stelle sie sich im Hypertext befindet oder wie sie zu einem anderen Knoten im Hypertext gelangen kann. Dieses Problem hat relativ großes Interesse hervorgerufen (vgl. Gerdes, 1997), und mittlerweile gibt es eine Fülle von einfachen Hilfsmitteln, welche dem Orientierungsverlust entgegenwirken (Zumbach & Rapp, 2001). Weniger Interesse bisher hat hingegen der Cognitive Overhead erzeugt. Damit ist gemeint, dass Lesende in Hypertexten neben der Konzentration auf den Inhalt eines Textes zusätzliche Aufmerksamkeit der Frage widmen müssen, welchen Verweisen (Hyperlinks) sie folgen, also kognitive Ressourcen von der Lernaufgabe ab- und den Erfordernissen der „Navigation“ im Hypertext zuwenden müssen. Gerdes (1997) vergleicht diese Situation mit dem Dual-Task-Paradigma aus der Kognitionspsychologie und argumentiert, dass die Erledigung einer zusätzlichen Aufgabe zu schlechteren Resultaten bei der eigentlichen Aufgabe führt. Leider erfolgt bei Conklin (1987) keine genauere theoretische Analyse des Cognitive Overhead. Einen konzeptuellen Rahmen dafür könnte die Cognitive Load Theory zur Verfügung stellen, in der drei Arten der kognitiven Belastung von Lernenden unterschieden werden (Kirschner, 2002): 1. Intrinsic Cognitive Load (durch die Komplexität des zu lernenden Inhaltes verursacht und daher nicht modifizierbar), 2. Extraneous Cognitive Load (zusätzliche Belastungen, die beispielsweise aus schlecht gestalteten Lehr-Lernmaterialien resultieren und für den Lernerfolg irrelevant bzw. hinderlich sind) 3. Germane Cognitive Load (zusätzliche Elaborationen, die zum Aufbau reichhaltiger Schemata erforderlich sind, reflektiert die Verarbeitungsintensität beim Lernen).

Folgt man der herkömmlichen Sichtweise des Cognitive Overhead, so stellt dieser im Rahmen der Cognitive Load Theory einen Extraneous Cognitive Load dar, also eine zusätzliche kognitive Belastung, die für den Lernprozess hinderlich ist, weil sie Ressourcen beansprucht, die sonst für den Lernprozess zur Verfügung stünden. Dies scheint beispielsweise die Studie von Niederhauser, Reaynolds, Salmen und Skolmoski (2000) zu belegen: Die Autoren verglichen unter anderem die Navigationsstrategien von Lernenden in Hypertexten und deren Auswirkungen auf den Lernerfolg. Sie fanden heraus, dass diejenigen, die einen systematischen und annähernd linearen Informationszugriff wählten, in einem Abschlusstest besser abschnitten als jene, die eine nicht-lineare Zugriffsstrategie einschlugen und verschieden Konzepte unter multiplen Perspektiven betrachteten und diese verglichen (beide Zugriffsarten wurden durch das Lernmaterial erlaubt). Die Autoren führten hier als Erklärung die Cognitive Load Theory auf (CLT; Sweller, 1999; 2000): Aus der Planung und Evaluation von Informationszugriffsprozessen beim nicht-linearen Lesen sollte der Extraneous Cognitive Load steigern, welcher wiederum durch eine vertraute Lesestrategie (wie dies z.B. beim linearen Lesen der Fall ist) reduziert werden kann. Andererseits könnte aber auch argumentiert werden, dass in Hypertexten Lernende stärker als in linearen Texten gezwungen sind, ihren Wissenstand zu reflektieren, wenn sie darüber nachdenken, welchen Links sie folgen möchten. Dieser zusätzliche kognitive Aufwand würde also zu einer vertieften Verarbeitung des Inhaltes von Hypertext führen, den Germane Cognitive Load erhöhen und damit den Lernprozess fördern. Kirschner (2002) betont in diesem Zusammenhang: “Germane CL [cognitive load, Anm. d. Verf.] is required for the construction and storage of schemata into long-term memory. The construction of adequate and rich schemata is especially important in complex learning tasks where it will require more effort (...)” (Kirschner, 2002, S. 4).

Dieser erhöhte Aufwand beim Lesen von Hypertext macht sich möglicherweise nur dann bezahlt, wenn die Inhalte zu komplex sind, um durch eine weniger elaborierte Verarbeitung erschlossen zu werden. In der skizzierten Studie von Niederhauser et al. (2000) wurde z.B. ausschließlich Material über Lerntheorien präsentiert, welches innerhalb eines eng umgrenzten Zeitrahmens von einer Stunde bearbeitet werden musste. Dies ist zumindest ein Indiz dafür, dass sowohl die Aufgabe als auch der Rahmen kaum eine Komplexität annehmen konnte, damit man von der Nicht-Linearität profitieren könnte. Diese Komplexität spielt nach Zumbach und Rapp (2001) jedoch eine zentrale Rolle beim Lernen mit Hypermedien. Die Autoren betonen die Bedeutung von Rahmenbedingungen der Lernsituation hinsichtlich des Auftretens des Cognitive Overhead: Bei geringer Komplexität sind Inhalte leicht verständlich und können auch ohne vertiefte Elaboration leicht behalten werden. Da eine aktive Verarbeitung nicht notwendig ist, stellen die durch die Navigation im Hypertext verursachten kognitiven Anforderungen nur eine zusätzliche Belastung dar. Bei hoher Komplexität hingegen können die Inhalte des Textes nicht auf Anhieb verstanden und in das bereits vorhandene Wissen integriert werden. Zum Aufbau adäquater Wissensstrukturen ist größere Aktivität seitens der Lernenden notwendig: z.B. innerhalb der Texte quer zu springen, um den gleichen Sachverhalt aus verschiedenen Perspektiven zu elaborieren und ein konsistentes mentales Modell aufzubauen. Dieser Prozess ist mühseliger als unter der Bedingung niedriger Komplexität, deswegen ist der Lernerfolg insgesamt schlechter. Die Lernenden können bei Hypertexten davon profitieren, dass diese Sprünge zwischen Texten, die den inhaltlichen Zusammenhängen entsprechen, unterstützen. Daher sollten Hypertexte in dieser Situation besser abschneiden als lineare Texte, bei denen Lernende entmutigt oder behindert werden, Sprünge vorzunehmen. Zudem führt die Notwendigkeit, aktiv Entscheidungen über das weitere Vorgehen treffen zu müssen, zu einer



reflektierteren und aktiveren Verarbeitung beim Arbeiten mit Hypertext, die ebenfalls lernförderlich ist.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, in einer vergleichenden Untersuchung linearer und nicht-linearer Computertexte Aufschlüsse über die Auswirkungen des Cognitive Overhead auf den Lernerfolg in universitären Lernsituationen zu erhalten. Dabei soll die Rolle der Komplexität als unabhängige Variable interessieren. Es wird vermutet, dass der Lernerfolg durch eine Wechselwirkung zwischen der Komplexität des Lernmaterials und dem Textformat beeinflusst wird: Bei komplexeren Aufgaben sollten Hypertexte besser geeignet sein, bei einfacheren Aufgaben hingegen lineare Texte. Außerdem sollten die mit dem komplexeren Text Lernenden insgesamt schlechter abschneiden. Zusammenfassend ergeben sich folgende Hypothesen:

Hypothese 1: Es gibt einen Interaktionseffekt zwischen Komplexität und Textformat auf den Lerngewinn: Der Lerngewinn ist in der Bedingung hoher Komplexität beim Hypertext höher als beim linearen Text. Auf der Stufe geringer Komplexität hingegen zeigen sich nachteilige Auswirkungen des Cognitive Overhead: der Lerngewinn ist hier beim linearen Text höher als beim Hypertext.

Hypothese 2: Der in Hypothese 1 postulierte Interaktionseffekt beeinflusst auch die Kohärenzbildung und wirkt sich auch auf die Performanz einer Problemlöseaufgabe aus.

Hypothese 3: Die Einstellung von Lernenden gegenüber einer Informationsbasis wird von dem Grad der Unterstützung beeinflusst, welche diese ihren Lernstrategien bietet. Daher wird vermutet, dass es einen Interaktionseffekt bei der Einstellung der Lernenden zu den Lernmaterialien gibt, wobei auf der Stufe niedriger Komplexität der

lineare Text bevorzugt wird, während auf der Stufe hoher Komplexität dies für den Hypertext gilt.

## 2. Methode

### 2.1 Stichprobe

Die Stichprobengewinnung erfolgte im Umfeld der Universität Heidelberg.

Teilnahmevoraussetzungen waren gute Deutschkenntnisse, Abitur, sowie grundlegende Computerkenntnisse (Kenntnis im Umgang mit der Computermaus). Die Stichprobe bestand aus 44 Personen (14 männlich, 30 weiblich), überwiegend Studierende verschiedener Fachbereiche im Alter von 20 bis 41 Jahre, ( $MW = 26$ ;  $SD = 4,6$ ). Die Probanden wurden per Zufall einer der Untersuchungsbedingungen zugewiesen.

### 2.2 Untersuchungsplan

In einem 2x2-Untersuchungsdesign wurden Textlinearität („Hypertext“ vs. „linearer Bildschirmtext“) und Textverständlichkeit (als ein Maß der Komplexität der Lernsituation) variiert.

Die Textlinearität wurde auf den Stufen „nicht-linearer“ vs. „linearer Text“ variiert. Dabei war auf der Stufe „linearer Text“ die Abfolge der Bildschirmseiten fest vorgegeben, während es beim „nicht-linearen“ Text keine solchen Vorgaben gibt, sondern nur assoziative Verknüpfungen zwischen Textstellen. Zur Orientierung im Text war eine Überblicksseite vorhanden. Diese war alphabetisch sortiert und bot einen Überblick über die vorhandenen Bildschirmseiten. In der nicht-linearen Bedingung konnten von dort gezielt Seiten aufgerufen werden, während dies in der rein linearen Bedingung nicht möglich war. Auf der Stufe „linearer Text“ wurde die Abfolge der Bildschirmseiten fest vorgegeben, und zwar

wurde die inhaltlich logische Reihenfolge innerhalb der Artikel, die ursprünglich als Papierversion geschrieben worden sind, beibehalten. Bei dem nicht-linearen Text gab es weder eine Vorgabe, noch eine Empfehlung, in welcher Reihenfolge die Textknoten zu lesen waren. Es wurde lediglich am Anfang ein Hinweis eingeblendet, mit welchem Textknoten zu starten sei (dieser entsprach dem ersten Textknoten der linearen Bedingung). Innerhalb der Textknoten gab es inhaltliche Querverweise, die zu anderen Textknoten führten, wenn man diese mit der Maus anklickte (vgl. bezüglich der technischen Ausführung ebenfalls den Abschnitt „Benutzeroberfläche“). Insgesamt gab es 121 dieser inhaltlichen Querverweise oder Links innerhalb des Textes.

Die Textkomplexität wurde auf den Stufen „hohe“ vs. „niedrige“ Komplexität variiert. Aufgrund des Anwendungsbezugs zum universitären Lernen wurden als Basis für die Bedingung „hohe Komplexität“ wissenschaftliche Originalarbeiten zum Thema „Lernen mit Neuen Medien“ herangezogen, die nur leicht für die Anforderungen von Bildschirmseiten und die Bildung lokaler Kohärenz beim Hypertext (Gerdes, 1997) verändert wurden. Das Lernen und Arbeiten mittels wissenschaftlicher Originalliteratur entspricht den Anforderungen, die üblicherweise im Rahmen eines Studiums an Lernende gestellt werden, kann also als ökologisch valide für die gewählten Rahmenbedingungen angesehen werden. Für die Bedingung „niedrige Komplexität“ wurden diese Texte mit Hilfe der Kriterien von Langer, Schulz v. Thun und Tausch (1993) überarbeitet, indem Passivkonstruktionen entfernt und mehr Gliederungsebenen, Thema-Rhema-Satzkombinationen und Zusammenfassungen integriert wurden. Zur Kontrolle dieser Manipulation wurden vor Beginn der eigentlichen Untersuchung zwei unabhängige Beurteiler gebeten, eine Zufallsstichprobe aus der Gesamtheit der Textknoten hinsichtlich ihrer Verständlichkeit anhand der von Langer et al. (1993) entwickelten Ratingskalen zu begutachten. Die

Beobachterübereinstimmung in den Kategorien Einfachheit, Gliederung und Anregende Zusätze war hinreichend gut (Cohen's gewichteter Kappa-Koeffizient  $\kappa > 0,7$ , Fleiss & Cohen, 1973) und der umformulierte Text wurde als einfacher, besser gegliedert und anregender beurteilt als der Originaltext (einseitiger U-Test nach Mann-Whitney; jeweils  $p < 0,01$ ).

### **2.3 Versuchsablauf**

Die Probanden erhielten im Kontext der Untersuchung eine Lernaufgabe, welche das selbständige Erarbeiten eines Themas aus dem vorgegebenen Text anhand einer konkreten Aufgabenstellung beinhaltete. Diese Aufgabenstellung sah die Erstellung eines sog. Begriffsnetzes (Concept Maps) auf Basis der in den Texten enthaltenen Informationen vor.

Zunächst waren von den Probanden der Wissensvortest und die Kontrollvariablen zur Computererfahrung und zu den demographischen Daten zu bearbeiten. Anschließend folgte eine computerbasierte Einführung in die Erstellung von Concept Maps und die Vorstellung der Aufgabenstellung. Die Aufgabenstellung verlangte mit Hilfe der computerbasierten Texte aus 19 Begriffen ein Concept Map zu erstellen. Die dabei verwendeten Begriffe waren zentrale inhaltliche Konzepte aus den Computertexten. Um diese Aufgabe zu bewältigen, stand den Probanden 40 Minuten Zeit zur Verfügung. Während dieser Zeit stand die Art der Aufgabenbearbeitung frei, d.h. die Probanden konnten entweder die Texte lesen und parallel dazu das Concept Map erstellen, oder zunächst die Texte lesen und anschließend das Concept Map erstellen. Nach Ablauf der Zeit wurden die erarbeiteten Lösungen eingesammelt. Es folgte ein Nachtestbogen, der Fragen zur Beurteilung der Computertexte enthielt, sowie abschließend der Wissensnachtest (gleiche Fragen wie der Wissensvortest).

## 2.4 Datenauswertung

Der Lernerfolg wurde in diesem Experiment mittels eines 27 Items umfassenden Wissenstests erhoben. Die Auswahl der Aufgaben erfolgte durch einen Experten des betreffenden Inhaltsbereiches. Entsprechend den verwendeten Frageformen, war der Test in die vier Teile Richtig-Falsch-Aufgaben (10 Aufgaben), Lückenaufgaben (10 Aufgaben.), Mehrfachwahlaufgaben (6 Aufgaben) und Kurzaufsatz gegliedert. Für jede richtig gelöste Aufgabe konnte ein Punkt erreicht werden, mit Ausnahme des Kurzaufsatzes, bei dem zwei Punkte erzielt werden konnten. Die möglichen richtigen Antworten für die ersten drei Teile des Wissenstests wurden bereits vor Beginn der Auswertung eindeutig festgelegt. Bei dem Kurzaufsatz wurde für ein bis zwei richtig aus dem Lehrmaterial reproduzierte Propositionen ein Punkt vergeben, für mehr als zwei richtige Propositionen wurden zwei Punkte zuerkannt. Eine Stichprobe der beurteilten Kurzaufsätze wurde unabhängig von zwei Personen beurteilt; dabei ergab sich ein Übereinstimmungskoeffizient von  $\kappa = 0,85$ . Für jeden der vier Abschnitte des Wissenstests wurde ein Score gebildet, indem alle Punkte, die in diesem Abschnitt erzielt wurden, zusammenaddiert wurden. Die Aufgabenteile mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten wurden mit Hilfe einer gebräuchlichen Korrekturformel (nach Lienert & Raatz, 1998, S. 69) ratekorrigiert. Der Wissenstest wurde den Probanden sowohl unmittelbar vor der Aufgabenbearbeitung, als auch kurz nach der Aufgabenbearbeitung vorgelegt. Um den individuellen Lerngewinn zu erfassen, wurde die im Vortest erreichte Punktzahl von der im Nachtest erreichten abgezogen. Die inferenzstatistische Auswertung erfolgte mittels einer zweifaktoriellen Varianzanalyse.

Als weitere abhängige Variable wurde die Performanz bei der Bearbeitung der Problemstellung (Concept Map) beurteilt. Zur Lösung dieser Aufgabe war es notwendig, die zentralen Gedanken des Textes zu verstehen und in Beziehung zueinander zu setzen. Die

Auswertung der von den Untersuchungsteilnehmern erstellten Concept Maps erfolgte in Anlehnung an die Arbeit von Ruiz-Primo, Shavelson und Schultz (1997). Für jede der möglichen Verbindungen wurde vor der Beginn der Datenauswertung festgelegt, ob es sich um eine richtige Verbindung handelt (1 Punkt), eine halbrichtige/verschobene Verbindung (0,5 Punkte) oder eine unzutreffende Verbindung (0 Punkte). Diese Festlegung wurde von zwei Inhaltsexperten getroffen; Unstimmigkeiten wurden durch Diskussion gelöst, so dass es eindeutig festgelegte Auswertungskriterien gab. Zur inferenzstatistischen Auswertung wurde eine zweifaktorielle Kovarianzanalyse gerechnet, bei der das Ergebnis des Wissensvortests als Kovariate in der Modellgleichung berücksichtigt wurde, um den Einfluss von Vorwissensunterschieden auf das Resultat zu eliminieren.

Außerdem wurde die subjektive Beurteilung der Lernmaterialien erfasst, wobei zum einen die Beurteilung des Textes, zum anderen die Beurteilung der Orientierungsmöglichkeiten auf jeweils einer fünffach gestuften Ratingskala erhoben wurde. Hierzu gab es folgende Hypothesen: Der Text in der Bedingung hoher Komplexität sollte signifikant schlechter beurteilt werden als in der Bedingung niedriger Komplexität, zum anderen sollte bei der Frage nach den Orientierungsmöglichkeiten der Hypertext in der Bedingung hoher Komplexität als signifikant geeigneter zur Lösung der Aufgabe beurteilt werden, in der Bedingung geringer Komplexität jedoch keine Unterschiede in der Beurteilung der Orientierungsmöglichkeiten bestehen.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1 Kontrollvariablen**

Eine häufige Kritik an Untersuchungen zum Lernen mit Hypertexten betrifft die mangelnde Vertrautheit der Untersuchungsteilnehmer mit diesem Medium (z.B. Gerdes, 1997). In der

vorliegenden Arbeit wurde das Ausmaß der Computervorerfahrung durch drei Fragen in einem Fragebogen zu Versuchsbeginn erfasst. Insgesamt zeigt sich, dass alle Teilnehmer im Umgang mit Computern vertraut waren. 90,9 % der Untersuchungsteilnehmer sahen sich im Umgang mit Computern als „mittelmäßig“ oder „ziemlich“ erfahren an. Als mittlere Computernutzungsdauer pro Tag ergaben sich 2,15 Stunden (bei einer Standardabweichung  $SD = 1,69$ ), und die mittlere tägliche Internetnutzungsdauer betrug 0,73 Stunden ( $SD = 0,66$ ). Zwischen den Versuchsgruppen ergaben sich nur geringfügige, nicht signifikante Unterschiede.

### **3.2 Lernerfolg**

Der Wissensgewinn ergab sich als Differenz zwischen Wissensnach- und -vortest. Bei diesem konnten jeweils insgesamt 28 Punkte erzielt werden. Nach der Theorie vom Cognitive Overhead sollten die mit dem linearen Text Lernenden unabhängig vom Textformat einen besseren Lernerfolg aufweisen als die mit dem Hypertext Lernenden. Nach der hier aufgestellten Alternativhypothese sollte jedoch eine Wechselwirkung zwischen Textformat und Textkomplexität zu beobachten sein.

Die Ergebnisse widerlegen deutlich die Annahme des Cognitive Overhead und bestätigen tendenziell die Wechselwirkungshypothese; allerdings sind die gefundenen Unterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant (vgl. Abbildung 1).

\*\*\* Abbildung 1 hier einfügen \*\*\*

Tatsächlich war der Lernerfolg in der Bedingung hoher Komplexität etwas geringer als in der Bedingung niedriger Komplexität. In der linearen Bedingung hatte die Manipulation der Textkomplexität einen wesentlich größeren Einfluss auf das Resultat, als in der

Hypertextbedingung. Angesichts der recht hohen Varianz ergab sich in der zweifaktoriellen Varianzanalyse allerdings weder ein signifikanter Haupteffekt Textkomplexität (ANOVA;  $F(1;40) = 0,35$ ;  $p = 0,56$ ;  $\varepsilon^1 = 0,09$ ) noch ein signifikanter Wechselwirkungseffekt zwischen Linearität und Textkomplexität (ANOVA;  $F(1;40) = 0,18$ ;  $p = 0,68$ ;  $\varepsilon = 0,07$ ).

Eine Aufteilung der Wissensaufgaben nach der Art der geforderten Gedächtnisleistung – freie Reproduktion versus Wiedererkennungsaufgaben – ergab, dass sich deutliche Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen bei den Aufgaben zeigten, die eine freie Reproduktion verlangten (vgl. auch Tab. 1). Hingegen zeigten sich bei den Aufgaben mit gebundenem Antwortformat nur sehr geringe Unterschiede zwischen den jeweiligen Versuchsbedingungen.

\*\*\* Hier Tabelle 1 einfügen \*\*\*

Eine freie Reproduktion war bei dem zweiten (Lückentexte) und vierten Aufgabenteil (Kurzaufsatz) gefordert. Der Netto-Lerngewinn wurde, ähnlich wie bei dem Gesamtscore, durch Addition der Einzelscores für den zweiten und den vierten Aufgabenteil gebildet.

\*\*\* Hier Abbildung 2 einfügen \*\*\*

Der Hypertext schnitt bei diesem Vergleich insgesamt signifikant besser ab als der lineare Text (ANOVA;  $F(1;40) = 4,3$ ;  $p = 0,04$ ;  $\varepsilon = 0,33$ ; vgl. Abb. 2). Am deutlichsten wird das in der Bedingung hoher Textkomplexität. Auch die Wechselwirkung zwischen Textart und

---

<sup>1</sup> Mit  $\varepsilon$  wird in dieser Arbeit die Effektgröße bezeichnet.



Textkomplexität kristallisiert sich bei dem Aufgabentyp „freie Reproduktion“ deutlich heraus: Während es beim linearen Text einen deutlichen Unterschied zwischen der komplexen und der weniger komplexen Bedingung gibt, finden sich nur geringe Unterschiede zwischen der komplexen und der weniger komplexen Hypertextversion (ANOVA;  $F(1;40) = 0,94$ ;  $p = 0,34$ ;  $\varepsilon = 0,15$ ). Viel weniger Einfluss hat die Manipulation der Textkomplexität (ANOVA;  $F(1;40) = 0,17$ ;  $p = 0,68$ ;  $\varepsilon = 0,07$ ).

### 3.3 Performanz bei der Aufgabenlösung

Die für die Untersuchungsteilnehmer primäre Aufgabe war die Erstellung eines Begriffsnetzes (Concept Map) aus 19 vorgegebenen Begriffen. Inhaltlich entsprachen die Hypothesen zur Aufgabenperformanz den Hypothesen zum Lerngewinn.

Wie Abbildung 3 zeigt, ähneln die Ergebnisse den Resultaten beim Lernerfolg: Auf der Stufe niedriger Komplexität werden etwas mehr richtige Verbindungen produziert als auf der Stufe hoher Komplexität. Dabei gibt es nahezu keinen Unterschied innerhalb der Hypertextbedingung. Probanden in der Bedingung Hypertext schneiden auf jeder Komplexitätsstufe besser ab als die Probanden mit linearen Texten. Hingegen zeigt sich ein sehr deutlicher Unterschied zwischen den zwei Komplexitätsstufen bei denjenigen, die mit der linearen Textversion gearbeitet haben: im Mittel wurden hier in der Bedingung niedriger Komplexität 3,3 richtige Verbindungen mehr erstellt als in der Bindung hoher Komplexität.

\*\*\* Hier Abbildung 3 einfügen \*\*\*

Einschränkend ist hier allerdings anzumerken, dass diese Ergebnisse noch nicht um das Vorwissen der Probanden korrigiert sind. Wie erwartet erwies sich das Vorwissen in der Kovarianzanalyse als hoch signifikanter Faktor (ANCOVA;  $F(1;39) = 21,37$ ;  $p < 0,01$ ;  $\varepsilon =$

0,74). Die eigentlichen Untersuchungsfaktoren hingegen verfehlten alle die Signifikanzgrenze, obwohl die Teilnehmer in der Hypertext-Bedingung annähernd signifikant bessere Ergebnisse über alle Komplexitätsstufen hinweg erzielten (ANCOVA; F (1;39) = 3,23;  $p = 0,08$ ;  $\varepsilon = 0,29$ ). Damit findet sich auch bei der Aufgabenperformanz kein Indiz für das Vorliegen des Cognitive Overhead. Allerdings ergab sich ebenfalls keine Bestätigung für die Untersuchungshypothesen: weder zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Textkomplexität (ANCOVA; F (1;39) = 1,60;  $p = 0,21$ ;  $\varepsilon = 0,2$ ) noch ein signifikanter Wechselwirkungseffekt zwischen Textkomplexität und Textformat (ANCOVA; F (1;39) = 1,09;  $p = 0,30$ ;  $\varepsilon = 0,17$ ).

### **3.4 Subjektive Beurteilung der Lernmaterialien**

Hinsichtlich der Beurteilung der Texte zeigten sich die vorhergesagten Unterschiede: Der Text auf der Stufe geringer Komplexität wurde im Mittel als geeigneter für die Aufgabenbearbeitung eingestuft als der Text in der Stufe hoher Komplexität. Dieses Ergebnis erwies sich in der Varianzanalyse allerdings als nicht signifikant (*ANOVA*;  $F$  (1;40) = 1,289;  $p > 0,05$ ;  $\varepsilon = 0,18$ ). Bei der Beurteilung der Orientierungsmöglichkeiten zeigte sich statt des erwarteten Wechselwirkungseffekt ein signifikanter Haupteffekt: die Orientierungsmöglichkeiten im Hypertext wurden signifikant als besser zur Lösung der Aufgabe eingestuft, als die im linearen Text vorhandenen Orientierungsmöglichkeiten ( $F(1;40) = 4,83$ ;  $p < 0,05$ ;  $\varepsilon = 0,35$ ).

## **4. Diskussion**

Die vorliegenden Ergebnisse sprechen gegen einen generellen Nachteil des Lernens mit Hypertext, wie dies die Annahme des Cognitive Overhead nahe legen würde. Andererseits konnte aber auch keine der Untersuchungshypothese entsprechende Wechselwirkung belegt

werden (Hypothesen 1 und 2). Es zeigte sich vielmehr ein allgemeiner Trend zu einem besseren Resultat der mit dem Hypertext lernenden Versuchsteilnehmer unabhängig von der Komplexität der Lernsituation: Bei einer Aufgabenart (Lerngewinn freie Reproduktion) war dieser Trend signifikant, bei einer anderen wurde die Signifikanzgrenze nur knapp verfehlt (Aufgabenperformanz beim Concept Map). In ähnlicher Weise empfanden auch die Versuchspersonen die Orientierungsmöglichkeiten des Hypertextes als hilfreich zur Aufgabenlösung und stuften diese über alle Versuchsbedingungen hinweg stärker als zur Aufgabenlösung geeignet ein als die Probanden in der Bedingung des linearen Textes (Hypothese 3).

Worauf ist dieser unerwartete Haupteffekt zugunsten des Hypertextes zurückzuführen? Ein Grund mag in der gewählten Manipulation der Komplexität der Lernsituation über die Variation der Textverständlichkeit liegen. Zwar konnte gezeigt werden, dass zwei Beurteiler die Textverständlichkeit in der Bedingung „hoher Komplexität“ tatsächlich als signifikant schwieriger ansahen, als in der Bedingung „niedriger Komplexität“. Entgegen der in der Einleitung geäußerten Erwartung (und den Ergebnissen von Langer et al., 1993) führte aber das Lernen mit den komplexeren Texten nicht zu einem schlechteren Lernerfolg als das Lernen in der Bedingung niedriger Komplexität. Ursache dafür ist möglicherweise, dass die Textverständlichkeit nur einen Aspekt dessen ausmacht, was das Ausmaß der Schwierigkeit oder Komplexität einer Lernaufgabe bestimmt. Weitere Faktoren sind u.a.: die zu bewältigende Lernaufgabe bzw. das Lernziel, die inhaltliche Komplexität der Texte sowie die zur Verfügung stehende Zeit, wobei diese Faktoren nicht völlig unabhängig voneinander sind. Die in dieser Studie durchgeführte Untersuchung war hinsichtlich aller dieser Faktoren vergleichsweise anspruchsvoll, so dass eine plausible Erklärung für den geringen Einfluss der Textverständlichkeit wäre, dass in der verwandten Lernsituation die sprachliche

Komplexität weniger Anteil daran hatte, wie gut oder schlecht jemand die Aufgabe bearbeitete, als vielmehr die Fähigkeit unter Zeitdruck eine anspruchsvolle Aufgabenstellung mit Hilfe inhaltlich komplexer Texte zu bearbeiten. Dies würde das Ausbleiben des erwarteten Wechselwirkungseffektes (und Auftreten eines Haupteffektes zugunsten des Hypertextes) erklären und es ist anzunehmen, dass auf den beiden Stufen der Textkomplexität zwei nur geringfügig unterschiedliche, jeweils verhältnismäßig komplexe Lernsituationen realisiert wurden. Die Gültigkeit der Untersuchung ist daher als eingeschränkt auf komplexe Lernsituationen anzusehen. Es konnte gezeigt werden, dass in diesen Situationen mit Hypertext Lernende gleich erfolgreich oder erfolgreicher waren als mit einem streng linear strukturierten Text Lernende. Dies spricht gegen die generelle Annahme des Cognitive Overhead. Andererseits kann aufgrund von Problemen der vorliegenden Untersuchung nicht ausgeschlossen werden, dass der Cognitive Overhead nicht doch in Lernsituationen geringerer Komplexität den vermuteten nachteiligen Einfluss auf das Lernen haben kann.

Neben den bereits geschilderten Aspekten sind noch methodische Einschränkungen zu erwähnen. Die Probanden wurden aus unterschiedlichen Fachbereichen rekrutiert. Dies kann sich gegebenenfalls unterschiedlich auf die Motivation zur Auseinandersetzung mit den hier eingesetzten Lernmaterialien auswirken. Diese aktuelle Leistungsmotivation wurde nicht kontrolliert, allerdings wurde einem systematischen Einfluss durch die zufällige Zuteilung auf die unterschiedlichen Bedingungen vorgebeugt. Ferner spielt die Präsentation der Lernmaterialien am Bildschirm eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Wie bereits geschildert, werden durchaus auch lineare Texte in nicht-lineare Form bearbeitet. Entsprechende Lesestrategien, wie z.B. das Überfliegen größerer Textpassagen und das daran anschließende gezielte Lesen einzelner Abschnitte wurde durch das hier gewählte Präsentationsformat am Bildschirm deutlich erschwert. Prinzipiell könnte man hier noch auf

gedruckte lineare Lernmaterialien zurückgreifen, allerdings ist hier schon aufgrund der unterschiedlichen Lesegeschwindigkeit und dem divergierenden Auflösungsgrad mit systematischen Verzerrungen zu rechnen. Eine Alternative zur gezielten Analyse der Bearbeitungsstrategien bieten z.B. Logfileanalysen, mit deren Hilfe nicht-invasiv auch qualitative Merkmale der hier geschilderten Untersuchungsbedingungen analysiert werden können.

Die vorliegende Untersuchung hat sich der Frage des „Cognitive Overhead“ beim Lernen mit Hypertexten mit der primären Perspektive des Wissenserwerbes in der Anwendung gewidmet. Dementsprechend wurde hier Zugang zu Lernmaterialien gewählt, wie er täglich in Schule und Hochschule seit der flächendeckenden Einführung des Internets genutzt werden kann und genutzt wird. Neben dieser anwendungsorientierten Fragestellung sind allerdings auch weitere wissenschaftliche Ansätze in diesem Bereich möglich. So kann z.B. die Beurteilung der Frage, ob Hyperlinks in einem Hypertext eher eine kognitive Last darstellen oder eine Gelegenheit zur aktiven Elaboration bieten, auch stärker durch kognitionspsychologisch ausgerichtete Forschungsprojekte erfolgen. Es könnte untersucht werden, welche Prozesse beim Lesen eines Hyperlinks in einer Hypertextleserin oder einem Hypertextleser ablaufen, beispielsweise mittels Logfileanalysen, Protokollen lauten Denkens oder der Analyse von Blickbewegungen.

## 5. Literatur

Conklin, J. (1987). Hypertext: An introduction and survey. IEEE Computer, 20(9), 17-41.

Fleiss, J. L. & Cohen, J. (1973). The equivalence of weighted kappa and intraclass correlation coefficient as measures of reliability. Educational and Psychological Measurement, 33, 613-619.

Freisler, S. (1994). Hypertext - Eine Begriffsbestimmung. Deutsche Sprache, 1, 19-50.

Gerdes, H. (1997). Lernen mit Text und Hypertext. Lengerich: Pabst.

Guthrie, J. T. & Mosenthal, P. (1987). Literacy as Multidimensional: Locating Information and Reading Comprehension. Educational Psychologist, 22(3&4), 279-297.

Johnson-Laird, P. N. (1990). Mental Models. Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Cambridge: Cambridge University Press.

Kintsch, W. & van Dijk, T. A. (1978). Toward a Model of Text Comprehension and Production. Psychological Review, 85, 363-394.

Kirschner, P. A. (2002). Cognitive Load Theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. Learning and Instruction, 12, 1-10.

Langer, I., Schulz von Thun, F. & Tausch, R. (1993). Sich verständlich ausdrücken. München: Ernst-Reinhardt-Verlag.

Lienert, G. A. & Raatz, U. (1998). Testaufbau und Testanalyse. Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Niederhauser, D. S., Reynolds, R. E., Salmen, D. J., & Skolmoski, P. (2000). The Influence of Cognitive Load on Learning from Hypertext. Journal of Educational Computing Research, 23 (3), 237-256.

Ruiz-Primo, M.A., Shavelson, R. & Schultz, S. E. (1997). On The Validity Of Concept Map-Base Assessment Interpretations: An Experimental Testing The Assumption Of Hierarchical Concept Maps In Science. CSE Technical Report 455. Los Angeles: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing (CRESST).

Spiro, R. J. & Jehng, J.-Ch. (1990). Cognitive Flexibility and Hypertext: Technology for the Nonlinear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter. In: Nix, D. & Spiro, R. J. (Eds.), Cognition, Education, and Multimedia. Exploring Ideas in High Technology (pp. 163-205). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Ass.

Stark, R., Graf, M., Renkl, A., Gruber, H. & Mandl, H. (1995). Förderung von Handlungskompetenz durch geleitetes Problemlösen und multiple Lernkontexte. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 27 (4), 289-312.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: effects on learning. Cognitive Science, 12, 257-285.

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design. Learning and Instruction, 4, 295-312.

Tergan, S.-O. (2002). Hypertext und Hypermedia. In Issing, L. J. & Klimsa, P. (Hrsg.), Information und Lernen mit Multimedia und Internet (S. 99-114). Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union

United Nations Social and Economic Council (2003). First annual report of the Information and Communication Technologies Task Force. Report of the Secretary General.

Retrieved July, 7, 2003, from the World Wide Web:

[http://www.unicttaskforce.org/community/documents/764023199\\_UNICTTF\\_1stReport.pdf](http://www.unicttaskforce.org/community/documents/764023199_UNICTTF_1stReport.pdf)

Unz, D. (2000). Lernen mit Hypertext. Informationssuche und Navigation. Münster: Waxmann.

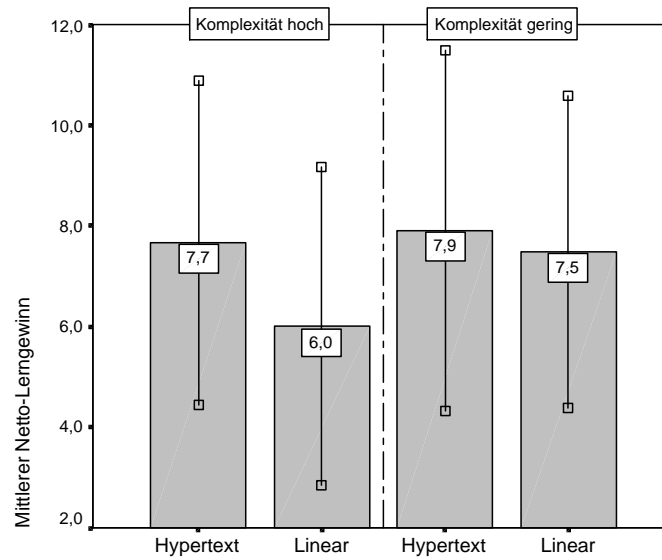
van Dijk, T.A. & Kintsch, W. (1983). Strategies of discourse comprehension. Orlando: Academic Press Inc.

Zumbach, J. & Rapp, A. (2001). Wissenserwerb mit Hypermedien: Kognitive Prozesse der Informationsverarbeitung. Osnabrücker Beiträge zur Sprachtheorie, 63, 27-44.

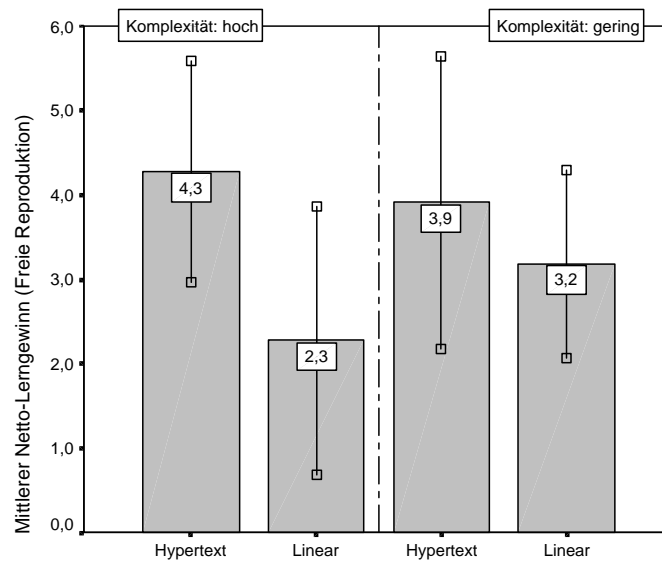
Zumbach, J. & Reimann, P. (2002). Enhancing learning from hypertext by inducing a goal orientation: comparing different approaches. *Instructional Science*, 30, 243-267.

Zumbach, J. & Reimann, P. (2001). Hypermediales Lernen und Kognition. In P. Handler (Hrsg.), E-Text: Strategien und Kompetenzen (S. 131-142). Frankfurt: Peter Lang.

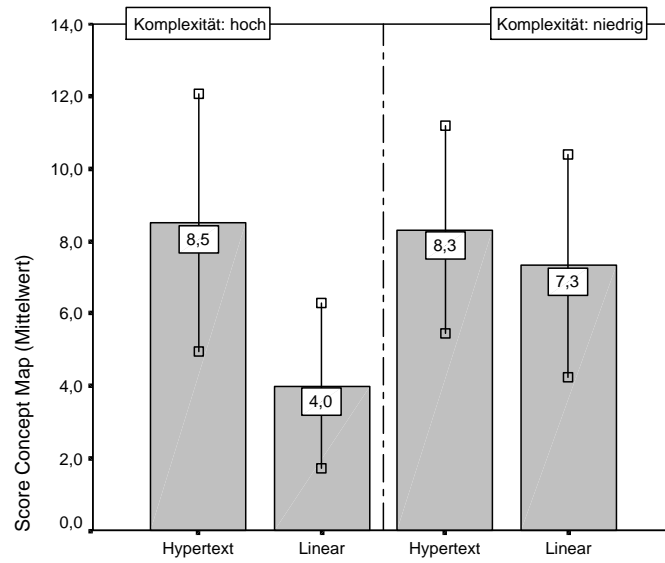




**Abbildung 1:** Netto-Lerngewinn (Mittelwert) in Abhängigkeit von der Versuchsbedingung. Die Fehlerlinien entsprechen dem 95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert. Maximal konnten in dem Wissenstest 28 Punkte erzielt werden.



**Abbildung 2:** Netto-Lerngewinn (Mittelwert) bei dem Aufgabentypus „freie Reproduktion“ (gemessen durch die Punktzahl aus den Lückentextaufgaben addiert mit dem Punktwert aus dem Kurzaufsatz). Die Fehlerlinien stellen das 95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert dar. Bei den Aufgaben der freien Reproduktion konnten maximal 12 Punkte erzielt werden.



**Abbildung 3:** Bewertung der Concept-Maps. Die Fehlerlinien stellen das 95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert dar.

**Tabelle 1: Lerngewinn nach Versuchsbedingung und Aufgabenart**

Die Tabelle zeigt den Lerngewinn im Wissenstest aufgeteilt nach Aufgaben der freien Reproduktion (Lückentext plus Kurzaufsatz) und Aufgaben mit gebundenem Antwortformat (Richtig/Falsch-Aufgaben plus Mehrfachwahlaufgaben). Da bei den Aufgaben der freien Reproduktion insgesamt 12 Punkte, bei den Aufgaben mit gebundenem Antwortformat hingegen insgesamt 16 Punkte zu erzielen waren, wurde zugunsten der besseren Vergleichbarkeit der Lerngewinn in der Tabelle in Prozent der möglichen Maximalpunktzahl ausgedrückt.

			Lerngewinn freie Reproduktion (in Prozent)	Lerngewinn gebund. Aufgaben (in Prozent)
Textformat	Linear	geringe Kompl.	26,52	26,89
		hohe Kompl.	18,94	23,30
	<b>Gesamt</b>		<b>22,73</b>	<b>25,09</b>
Hypertext	geringe Kompl.		32,58	25,00
		hohe Kompl.	35,61	21,21
	<b>Gesamt</b>		<b>34,09</b>	<b>23,11</b>

## **Autorenanschrift:**

Jörg Zumbach

Psychologisches Institut der Universität Heidelberg

Hauptstrasse 47-51

69117 Heidelberg

[zumbach@uni-hd.de](mailto:zumbach@uni-hd.de)

<http://paeps.psi.uni-heidelberg.de>

Johann Pixner

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Institut für Psychologie

Arbeitsgruppe Arbeits- und Organisationspsychologie

Engelbergerstrasse 41

79085 Freiburg

[johann.pixner@psychologie.uni-freiburg.de](mailto:johann.pixner@psychologie.uni-freiburg.de)

<http://www.psychologie.uni-freiburg.de>