

Multimedial unterstütztes Lernen:
Intrinsische Motivation & kognitiver Lernerfolg

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften

- Doctor rer. nat. -

der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften

der Universität Bayreuth

vorgelegt von Diplom-Biologin

Cathérine Conradty

2009



Diese Arbeit wurde von April 2006 bis Juli 2009 am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie an der Universität Bayreuth unter der Leitung von Prof. Dr. Franz X. Bogner angefertigt.

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften der Universität Bayreuth genehmigten Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.).

Promotionsgesuch eingereicht am: 29.Juli 2009

Wissenschaftliches Kolloquium am: 19.Oktober 2011

Prüfungsausschuss:

Prof. Dr. Franz X. Bogner (1. Gutachter)

Prof. Dr. Ludwig Haag (2. Gutachter)

Prof. Dr. Konrad Dettner (Vorsitzender)

Prof. Dr. Klaus H. Hoffmann

Prof. Dr. Stefan Peiffer

Die größte Kunst ist,
den Kleinen alles, was sie tun oder lernen sollen,
zum Spiel und Zeitvertreib zu machen.

John Locke (1632 - 1704), Gedanken über Erziehung IV,63

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die mir ermöglichten, diese Arbeit zu schreiben.

Meinem Doktorvater Prof. Dr. Franz X. Bogner bin ich sehr dankbar für die Betreuung meiner Promotion, für sein Vertrauen in mich, für seine Anleitung zum selbstständigen wissenschaftlichen Arbeiten und seine Verfügbarkeit bei Fragen, auch während seiner Auslandsaufenthalte.

Die Mitarbeit bei den EU-Projekten „e-OIKOS“ und „COSMOS“ ermöglichten mir Einblicke in die aktuelle „Edutainment-Forschung“ und interessante Dienstreisen, vor allem aber die vorliegende Arbeit.

Dr. Franz-Josef Scharfenberg half mir so oft und stets geduldig mit Klarheit, wenn ich mal den Überblick verlor. Vielen Dank dafür und die Einarbeitung in die in Erziehungswissenschaften typische statistische Auswertung.

Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Sabine Hübner und meinen Kollegen Dr. Christine Geier und Dr. Sabine Gerstner, die mir die Promotionszeit so kurzweilig werden ließen.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei allen Schüler/innen und Studierenden, die an meinen Untersuchungen teilgenommen haben, für ihr Mitwirken bedanken. Ganz besonders danke ich auch allen Lehrern und Lehrerinnen, die ihre knappe Zeit geopfert haben, um mich bei meinen Untersuchungen zu unterstützen.

Meiner Familie habe ich letztlich alles zu verdanken:

Ohne meine Eltern Isolde und Peter hätte ich nicht die Sicherheit gehabt, diesen Weg einzuschlagen. Mein Mann Haluk Soyoglu deckte mir den Rücken und überraschte mich immer wieder bei nächtlichen Diskussionen über meine Arbeit mit Fachwissen und neuen Ansichtsmöglichkeiten. Simay, Mavi und Aktay waren mir Inspiration.

Inhaltsverzeichnis

1	Summary	9
2	Zusammenfassung	11
3	Ausführliche Zusammenfassung	13
3.1	Einleitung	13
3.2	Untersuchungsdesign und Ziele der Arbeit	23
3.3	Ergebnisse und Diskussion	29
4	Literaturverzeichnis der Zusammenfassung	39
5	Publikationsliste	45
6	Darstellung des Eigenanteils	47
7	Teilarbeiten	49
7.1	Teilarbeit A	49
7.2	Teilarbeit B	57
7.3	Teilarbeit C	73
7.4	Teilarbeit D	87
8	Anhang	103
8.1	Studie I: Anleitung bei Computer gestützter Freiarbeit (6.Klasse)	103
8.1.1	Arbeitsheft „Ökologie“	123
8.1.2	Verwendete Fragebögen	147
8.1.2.1	Titelseite und persönlicher Code	149
8.1.2.2	Wissenstest „Ökologie“ (sortierte Items)	150
8.1.2.3	Empirischer Fragebogen im Vortest	153
8.1.2.4	Empirischer Fragebogen im Nachtest	157
8.2	Studie II: Medienvergleich bei Freiarbeit: Computer & Buch (8.Klasse)	161
8.2.1	Arbeitsheft „Honigbiene“	161
8.2.2	Arbeitsbuch	175
8.2.3	Quiz	191
8.2.4	Verwendete Fragebögen	197
8.2.4.1	Titelseite und persönlicher Code	199
8.2.4.2	Wissenstest „Honigbiene“ (sortierte Items)	200
8.2.4.3	Empirischer Fragebogen im Vortest	203
8.2.4.4	Empirischer Fragebogen im Nachtest	207
8.3	Studie III: Concept Maps	209
8.3.1	Konzepte „Kaulquappe“	209
8.3.2	Konzepte „Ökosystem See“	210

8.4	Bilder	211
8.4.1	Bilder zu Studie I: Lernen am Computer, 6.Klasse	211
8.4.2	Bilder zu Studie II: Lernen am Computer und mit dem Buch, 8.Klasse	211
8.4.3	Bilder zu Studie III: Erstellung von Concept Maps, 6.Klasse	212
8.5	Fragebogen zur Intrinsischen Motivation (IMI) (Deci & Ryan, 1985)	213
8.6	CD – Lernsoftware / HTML-Page „Ökosystem See“ und „Soziale Insekten – die Honigbiene“	
Erklärung		

1 Summary

Multimedia instructions, e. g. computer-aided learning, have become an important tool in school lessons. Effects and benefits are discussed controversial. Although many teachers attach little value to computer-aided learning it is part of curriculum, because computer handling is an important competence for the career. Furthermore multimedia is considered as an innovative medium in classrooms, especially with regard to increasing motivation or improving cognitive learning. In addition to the medium, the instructional format of pupil-centred learning in lessons with computers is a crucial factor for learning success. Several indications point to a potential overstrain of a user's cognitive capacity with both computer-aided learning and individualized instruction.

In the first part of the study, guidance in computer-aided individualized learning was varied. The effects on learning success and motivation were analysed. Students with guidance achieved better post-test, but after six weeks they knew less than students without guidance. Students without guidance learned less, but this knowledge was consistent. The advantages of guidance were the prevention of negative effects on learning success of perceived tension and competence. Furthermore teacher's guidance could arouse interest in the boys. But both were without effect on learning success. Most important factor was the pre-knowledge on both learning and motivation. That is why I come to the conclusion computer-aided learning could be an effective and meaningful consolidation phase after a teacher-centred pre-lesson.

In the second part of the study, learning success and motivation was evaluated with both: textbook- and computer-aided learning. Concerning the findings of the first study we varied the guidance in the computer-aided treatment: instead of a teacher-centred consolidation phase they repeated the learning targets with a computer-aided quiz. Students learned more with the textbook, but after six weeks there is no difference at all in learning success between computeraided and book-aided instruction group. Learning success did not depend on the medium but on the guidance. Without guidance the group of computer-aided learners –especially the girls – were discouraged and hardly learnt anything.

Concept mapping is a paper & pencil multimedia tool and considered to be helpful for consolidation especially after computer-aided learning. The third part of the study brought reasons for errors in concept maps into focus. For this errors in concept maps about two differently difficult subject matters were typified, in order to understand the possible reasons for error making. About the easy subject, students created complex concept maps, but failed about the difficult subject matter. The technical errors in the difficult subject matter indicate students had verbalisation problems. Nevertheless concept maps discover

specific knowledge gaps, giving teachers a guideline for the further schedule close to the students' needs.

The fourth part of the study verifies the applicability of concept mapping for knowledge testing. Analysis of concept maps can be too complicated because there are several quality characteristics of concept maps. Therefore we reduced them and simply used the number of correct connections between concepts, named complexity, for further correlation with cognitive knowledge tests. About the easy and the difficult subject matter the complexity correlated significantly with post-test, but even stronger after ignoring technical errors. The correlation coefficients are weak. As concept mapping provides meaningful learning, the quality of a map is considered to indicate long term learning success. But the complexity correlated with delayed knowledge test about the complex subject matter, but not at all about the easy one. The reduction of quality characteristics causes an underestimation of students' knowledge. Concept maps are not an alternative to conventional cognitive short answer knowledge tests. But comparing, both concept maps and knowledge tests, teachers may gain insight into students' concepts and consequently get an idea how to provide their further learning success.

Multimedia learning could be an effective instructional tool in student-centred individualized learning. It is enriching both students and teachers and provides cognitive learning success, especially as consolidation phase after teacher-centred lectures. Additional to factual knowledge multimedia-aided learning provides competences in computer handling, self-organisation, network thinking and teamwork.

2 Zusammenfassung

Multimediales Lernen, beispielsweise mit dem Computer, ist eine wichtige Unterstützung im Unterricht geworden. Dabei werden Wirkung und Nutzen kontrovers diskutiert. Wenn auch von vielen Lehrern als „Spaßunterricht“ eingeschätzt, wird der Computer inzwischen lehrplanmäßig in deutschen Schulen eingesetzt. Zum einen ist die Computerhandhabung eine notwendige Kompetenz für das Berufsleben. Zudem gilt das Medium als motivationsfördernd, was sich positiv auf den Lernerfolg auswirken soll. Ein kritischer Faktor bei Multimedia-Lernen scheint, neben der Multimodalität, die Unterrichtsform zu sein: meist wird am Computer in ansonsten eher seltener schülerzentrierter Freiarbeit unterrichtet. Das eine wie das andere kann an sich Schüler kognitiv überfordern und damit das Lernen erschweren.

Im ersten Teil der Studie wird der Effekt auf kognitive Lernerfolg und motivationale Variablen bei variiertem Lehrer-Anleitung in computerunterstützter Freiarbeit empirisch untersucht. Fehlt die aktive Lehrerbegleitung, war der Lernerfolg im Nachtest geringer. Nach sechs Wochen aber schnitten die völlig selbstständig Lernenden besser ab, als die betreuten Schüler. Wissen, das selbstständig erarbeitet wurde, ist bei der computerunterstützten Freiarbeit konsistenter. Der durch während des Unterrichts empfundene Druck und geringe Selbstkompetenz verursachte negative Effekt auf den Lernerfolg scheint hingegen durch gezielte Anleitung verhindert zu werden. Des Weiteren konnten dadurch auch Jungen für das Thema gewonnen werden. Allerdings hat dies keinen bemerkenswerten Effekt auf den Lernerfolg.

Wichtigster Faktor der Untersuchung scheint das Vorwissen zu sein, das den Lernerfolg, das Interesse und das Kompetenzgefühl steigert, und gleichzeitig den Stress im Unterricht senkt. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass tatsächlich eine völlig selbstständige computerunterstützte Freiarbeit lohnenswert ist, allerdings als Festigungsphase nach einem Vorwissen bildenden, evtl. lehrerzentrierten Vorunterricht.

Im zweiten Teil der Studie wurde ein Medienvergleich zwischen Hypertext und Buchtext durchgeführt. Die computerunterstützte Gruppe variierte nach den Erfahrungen aus Studie I den Grad der Lehrerunterstützung: Ein Teil der Computer-Testgruppe hatte statt der Konsolidierung im Frage-Antworten-Spiel mit dem Lehrer ein computerunterstütztes Quiz. Wenn auch das gewohnte Buch kurzfristig zu besserem Lernerfolg verhalf, vergaßen die Schüler mit der computerunterstützten Einheit mit lehrerzentrierter Konsolidierung weniger. Der Lernerfolg war aber letztlich nicht abhängig vom Medium, sondern von der Lehrerbegleitung. Ohne Betreuung waren die Schüler demotiviert und lernten kaum, wobei besonders die Mädchen litten.

Im dritten Teil der Studie wurde eine Papier-& Bleistift-Methode des Multimedia-Lernens evaluiert, das Concept Mapping. Diese „persönlichen Landkarten der Konzepte“ scheinen v. a. als Konsolidierungsphase nach computerunterstütztem Lernen hilfreich zu sein. Hier wurden Concept Maps über zwei unterschiedlich schwere Themen erstellt, um entstandene Fehler zu typisieren und auf ihre mögliche Ursachen zu untersuchen. Unsere Teilnehmer, obwohl völlig unerfahren, fühlten sich beim Concept Mapping sofort kompetent. Über das einfache Thema erstellten sie komplexe Wissenskarten. Hingegen nahmen bei dem zweiten, schwierigeren Thema die technischen Fehler zu. Dies scheint vor allem ein Problem der Verbalisierungsfähigkeit der Schüler zu sein. Dennoch eignet sich das Concept Mapping sehr gut, um spezifische Wissenslücken der Schüler aufzudecken, auf die der Lehrer dann adäquat seinen Unterricht ausrichten kann.

Im vierten Teil der Studie wurde die Eignung des Concept Mappings zur Evaluierung von Schülerwissen untersucht. Bei der Diversität der Qualitätsmerkmale für Concept Maps kann ihre Auswertung im Schulalltag kompliziert werden. Dafür reduzierten wir die Qualitätskriterien der Concept Map auf die Anzahl der richtigen Verbindungen in der Wissenskarte, der „Komplexität“. In den Concept Maps über beide Themen korreliert die Komplexität signifikant mit dem kognitiven Nachtest und dies umso besser, wenn man bei der Korrektur technische Fehler vernachlässigte. Allerdings war der Korrelations-Koeffizient schwach. Da durch Concept Mapping ein vernetztes, verstehendes Lernen gefördert wird, rechneten wir damit, dass die Qualität der Concept Map auf den Erfolg im spätere Wissenstest schließen lässt. Entsprechende Korrelation von Komplexität mit spätem Nachtest fanden wir allerdings nur bei dem schweren Thema. Eine Reduzierung der Qualitätsmerkmale auf die Komplexität unterschätzt das abgebildete Wissen der Schüler. Allerdings kann ein Lehrer die Vorstellungen seiner Schüler besser einschätzen und entsprechend reagieren, beachtet er die Fehler in Concept Maps und zusätzlich die in konventionellen kognitiven Wissenstests.

Multimediale Lerneinheiten lohnen sich als schülerzentrierte Lernform. Gerade im Wechsel mit lehrerzentrierten Wissensvermittlungs-Stunden unterstützen sie den kognitiven Lernerfolg. Wichtiger noch ist vielleicht: die Vielfalt im Schulalltag fördert die Motivation sowohl der Schüler als auch der Lehrenden. Zusätzlich werden Kompetenzen wie Computerhandhabung, Selbstorganisation und eigenverantwortliches Lernen, Vernetztes Denken und Teamwork gefördert.

3 Ausführliche Zusammenfassung

3.1 Einleitung

Im Biologieunterricht stellt sich häufig das Problem, komplexe Systeme mit räumlichen und/oder zeitlichen Dimensionen verbal zu erklären. Auch mit Unterstützung der üblichen grafischen Darstellungen, beispielsweise Karten mit Modellen, ist daher schnell die Grenze der Vorstellungskraft der Schüler¹ erreicht. Außerdem ist häufig das Lernobjekt für eine zweidimensionale Abbildung oder eine Beobachtung in situ zu groß oder zu klein, man denke an zelluläre Prozesse; oder aber das Phänomen ist für die Beobachtung zu schnell (z.B. chemische Reaktionen), zu lang andauernd (z.B. Jahreskreisläufe), zu abstrakt (z.B. Kohlenstoff-Kreislauf) oder facettenreich (z.B. dynamische Nahrungsketten). Inzwischen haben sich (Trick-)Filme und Simulationen eingebürgert, um den Schülern das Thema eindrücklicher, anschaulicher und klarer zu vermitteln.

Eine zeitgemäße technische Lösung einer solchen multimedialen Präsentation bietet heute der Computer. Im Vergleich zum Lehrervortrag mit Diashow oder (Stumm-)Film hat der Computer die Möglichkeit, v. a. in speziellen Lernprogrammen, 'Text, Graphiken, Animationen, Video, Illustrationen und Modelle' (v. Wodtke, 1993) zusammen mit Audiodateien zu interaktiven Lerneinheiten zu verbinden. Zunächst als vielversprechende Lehrmethode angepriesen, bedeuteten erste beobachtete Misserfolge im Lernzuwachs einen Rückschlag für die Einführung des Computers im Unterricht. Um das Lernen nicht zu behindern, muss man beim computerunterstützten Lernen/Lehren eine Vielzahl von Bedingungen an das Design der Lernumgebung und des Lehrstils beachten, sonst wird das Lernen durch den Computer schnell eher erschwert (Kirsh, 1997; Schnotz, 1997; Goldmann, 2003; Brünken, Plass und Leutner, 2004).

Meine vorgelegte Arbeit soll ein Beitrag zum besseren Verständnis des zeitgemäßen, multimedial unterstützten Lernens an Schulen leisten.

3.1.1 Vorteile des multimedialen Lernens an Schulen

*„Computer machen Kinder schlau.“
Bergmann, 2000*

Ein typisches Beispiel einer multimedialen Einheit ist das Internet. Hier sind Informationen miteinander verlinkt, wodurch sich eine multilineare Organisation von Objekten in einer Netzstruktur ergibt, die durch die Verbindung von Wissensseinheiten („Knoten“) logisch verbunden sind („Links“) (Conklin, 1987). So ein Knotenpunkt kann Text, Grafik, Fotografie, Animation, Audio und Videodateien beinhalten – eine wahrhaft multimediale Sammlung von Wissen. Die Informationen sind hierbei nicht in einer linearen oder

¹ Nachfolgend wird zur besseren Lesbarkeit nur die männliche Form verwendet.

folgegebunden Reihenfolge. Dies wird Hypermedia oder Hypertext genannt.

Multimedialität und Multicodalität ermöglichen neue Präsentationsformen, die verschiedene Lernertypen zugleich unabhängig von ihren Präferenzen zu erreichen vermögen (Dillon, Gabbard, 1998; Rasmussen, Davidson-Shivers, 1998; Vester, 1999). Mit einem entsprechenden Hypertext kann der Lerner neben dem Text gleich auch Bilder und Simulationen betrachte, neben der Theorie auch gleich Verlinkungen zu praktischen Beispielen finden. Aus einer abstrakten Theorie wird eine sinnvolle, verständliche Information, die sich der Lerner visualisieren und somit leichter merken kann.

Lerner aller Lernstile können in Hypertexten ihrer Bevorzugung entsprechend lernen, da Multimedialität und Multicodalität gegeben ist (Dillon, Gabbard, 1998; Rasmussen, Davidson-Shivers, 1998). Die Dynamik des Hypertextes erlaubt selbstreguliertes Lernen ganz nach dem Interesse des Lerners, was Langeweile verhindert und Selbstständigkeit fördert. Selbstregulation und Selbstständigkeit sind wichtige Kompetenzen für eigenverantwortliches Handeln und lebenslanges Lernen.

"Lernen ist oftmals einfach, weil der menschliche Geist wie ein Schwamm von erstaunlichem Aufnahmevermögen und großer Saugkraft funktioniert – jedenfalls dann, wenn seine Poren durch richtige Ausbildung und Motivation offen gehalten wurden."
Gould, 2005

Um Selbstregulation, Motivation und Wohlbefinden zu erreichen, müssen laut der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1985) drei ineinandergreifende Bedürfnisse der Menschen gestillt werden. Diese sind (1) der Bezug zum sozialen Umfeld, (2) die empfundene Kompetenz, um das Selbstwertgefühl zu steigern und (3) die Autonomie, im Sinne der Selbstbestimmung der eigenen Aktivitäten, wodurch eine Motivationssteigerung, vor allem einer intrinsischen, erreicht werden kann. Das Konzept der intrinsischen Motivation meint die Beschäftigung mit einer Aktivität aus dem Gefallen heraus, es für sich selbst zu tun, ohne jeglichen Druck von außen und steht der extrinsischen Motivation gegenüber. Intrinsische Motivation wird unter anderem erhöht, wenn das Wohlbefinden am Lernort gesteigert wird, was z. B. durch Gruppenarbeit erreicht werden kann (Lord, 1997).

Das computerunterstützte Lernen in Teams im Schulalltag birgt diese Möglichkeiten des selbstregulierten Lernens, in dem vielleicht völlig unterschätzte Möglichkeiten der Wissensaneignung stecken. Dies wird aktuell anschaulich im Projekt 'Hole-in-the-Wall Education Ltd' in Indien mehr zufällig beobachtet (HIWEL; www.hole-in-the-wall.com): Kinder in indischen Dörfern bekommen Zugang zu Computerbildschirmen und Tastaturen, frei geschaltet ins Internet. Dabei lernten sie spielerisch ohne jede Anleitung innerhalb weniger Wochen, den Computer zu bedienen, sich im Internet sinnvoll zu bewegen und als „Nebeneffekt“ sogar Englisch.

3.1.2 Mögliche Nachteile des multimedialen Lernens an der Schule

Im Vergleich mit dem altmodischen Schulbuch werden Computer von den Schülern – wie auch von Lehrern - als innovativ und modern empfunden. Allgemein wird angenommen, Computer würden Schüler, u. a. als exotisches Medium im Klassenzimmer, motivieren. Als Nebeneffekt wird in vielen Studien ein besserer Lernerfolg gefunden (Schaal, 2006). Es gibt aber Hinweise auf eine Vielzahl lern-hemmender Faktoren neben denen im Software-Design.

Die Diskussion über unterschiedliche Präferenzen bei Jungen und Mädchen bezüglich Technik, besonders bei Computer und Naturwissenschaften, ist alt und meist kontrovers. Viele Studien zeigen inkonsistente Ergebnisse. Mancher Forscher findet überhaupt keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen (Teh, Fraser, 1995), respektive Frauen und Männern. Andere finden starke Unterschiede bezüglich des Interesses an Computern (Rattanapian und Gibbs, 1995) oder dem Lernerfolg mit dem Computer (Dillon und Jobst, 2005). Passing und Levin (2000) meinen eine Ablehnung des Computers bei den Mädchen zu bemerken, so dass sie nicht vom computerunterstützten Lernen motiviert wurden. Zunächst ist anzunehmen, dass diese Unterschiede häufig aus den verschiedenen Altersklassen der Untersuchungsgruppen resultieren können. Kinder haben ihre genderspezifischen Verhaltensweisen bezüglich des Computers eventuell noch nicht entwickelt (Stoller, 1968). Im interessanten Projekt 'Hole-in-the-Wall Education Ltd' (HIWEL; www.hole-in-the-wall.com) wurden die starke Unterschiede abhängig vom Alter bemerkt. Kinder haben sich innerhalb weniger Wochen den Umgang mit dem Computer, wie auch dafür notwendige Fähigkeiten wie Englisch angeeignet. Erwachsene und Teenager waren zu schüchtern oder vorsichtig, um den Computer in Versuch-und-Irrtum zu erforschen (Mitra und Rana, 2001).

Studien der 1990er haben ergeben, Jungen hätten den größeren Erfahrungsschatz im Umgang mit Computern (Passing und Levin, 2000). Diese Ergebnisse der 90er sind aber kaum auf die Situation heutiger Schüler zu übertragen. Waren es damals erste ‚Comodore‘-Computer, zumeist von den Vätern den Jungen zum Spielen erster Computerspiele geliehen, haben seit der Einführung des PCs viele Familien mehrere Rechner im Haus. Mehr denn das Geschlecht können nun Elternhaus und dessen Finanzen einen Einfluss auf die Erfahrung mit Computern haben. Daten dazu zu erfassen, war im Rahmen dieser Studie aufgrund kultusministerieller Auflagen gänzlich unmöglich.

Anekdotisch lässt sich von Lehrern, v. a. aus Real- und Hauptschulen berichten, dass sie mangelnde Erfahrung mit Computern als reales Alltagsproblem empfinden, da ihre Schüler häufig nicht auf Computer im Elternhaus zurückgreifen können. Dieses Problem wurde in vorliegender Arbeit umgangen, indem an mit Computern gut ausgestatteten Gymnasien

gearbeitet wurde und der Erfahrungsrahmen der Schülern, durch das Curriculum gesichert, vergleichbar war. Diese mangelnde Computererfahrung kann sich als lernhemmender Faktor erweisen (Sweller, Merrienboer und Paas, 1998), sowohl durch eine möglicherweise geringere Selbstkompetenz-Erwartung oder auch wegen kognitiver Überforderung.

Von vielen Lehrern werden Computer gestützte Lerneinheiten abgelehnt, das sie befürchten, Schüler könnten den Computer als „Spielzeug“ zur Unterhaltung einschätzen - gemäß der Annahme Salomons (1984), Schüler würden das Lernthema gemäß des Mediums, mit dem es präsentiert wird, bewerten: „Television is 'easy' and print is 'tough'“ (Salomon, 1984). Dies könnte zu einer Unterschätzung der Schwierigkeit des Lernstoffes führen, wohingegen Schüler sich bei Buchtexten mehr Aufmerksamkeit aufzubringen scheinen.

Eine weitere lernrelevante Besonderheit des Multimedia-Lernens ist die Non-Linearität (Astleitner und Leutner, 1995; Leutner, 1997; Brünken, 1998). Da auch die mentale Präsentation des Wissens non-linear in einem Netz strukturiert ist, kann dies den Lerner fördern. Außerdem hat die vernetzte Präsentation der Informationen durch direkte Verweise (z. B. Link) Möglichkeiten, den Bezug der Konzepte, bzw. Themen zueinander offensichtlich zu machen. Allerdings kann der Suchende durch die Verlinkungen leicht den Überblick im Hypertext verlieren. Bei einer Lernseite, aufgebaut als Internetseite kann dies ein adäquates Linksysteme oder ein Inhaltsverzeichnis (Site-Map) verhindern. Bei Hypertexten, die mit Links außerhalb der eigenen Seite zu anderen Medien im Internet arbeitet, ist das technisch schwer realisierbar, kann sich der Lerner leicht „im Hyperspace verirren“ (Conklin, 1987). Als Beispiel für eine gelungene Lösung dieses Problems möchte ich auf das EU-Projekt OIKOS (2004-2007) hinweisen mit seiner Internetseite, bei der fremde Links innerhalb der eigenen Seite geöffnet werden (www.e-oikos.net). Des Weiteren kann die Non-Linearität die Selektion relevanter Informationen erschweren. Um aber erfolgreich aus einem Text zu lernen, müssen die wichtigen Informationen daraus Selektiert, dann Organisiert und in das vorhandene Wissen Integriert werden (SOI-Modell von Mayer, 2001).

Es gibt Hinweise, dass non-lineare Repräsentationsformen ein vernetztes Denken verlangen, ergo trainieren, und vernetztes, komplexeres und verständnisvolleres Lernen ermöglichen (z.B. Vester, 1999). Allerdings sind aktuell lineare Unterrichtsformen, geordnet in der Linearität der Zeitpläne üblich, so dass Schüler in unserem Kulturraum, an solch linearen Unterricht gewöhnt, von nonlinearen Präsentationsformen (kognitiv) überfordert werden könnten.

Traditioneller Unterricht kann sehr leicht ein lineares, wenig verständnisvolles und mitdenkendes Lernen fördern. Dafür gewährt seine Linearität eine Übersichtlichkeit,

verdeckt aber mitunter die Komplexität und verhindert, dass Schüler die Fähigkeit zum systemischen, „vernetzen“ Denken lernen (Vester, 1999). Eine frühzeitige Einführung non-linearer Lerneinheiten mit gut strukturierten Wissensnetzen, kann hier das kognitive Wissen wie auch das systemische Denken fördern. Die Lerninhalte selber sind selten linear, sondern komplex miteinander verknüpft. Fächerübergreifender Unterricht versucht dem gerecht zu werden, was oft an der Organisation im Lehrbetrieb scheitert. In den Naturwissenschaften wird dies wegen der Vermischung der Fachgrenzen in Physik, Chemie und Biologie schon alltäglicher und im neuen Modell des Natur-& Technik-Unterrichts Normalität. Deshalb eignet sich gerade hier Lernmethoden, welche die Komplexität des Stoffes klarer machen und die Verknüpfung der Konzepte fördern.

3.1.3 Prinzipien guten Multimedia-Designs

Bei all seinen Vorteilen, scheint ein Defizit des computerunterstützten Lernens eine geistige Überforderung der Lerner zu sein. Die Kognitionspsychologie hat in den vergangenen 15 Jahren intensiv geforscht und hilfreiche Basisinformationen gefunden.

Die Kognitive Theorie des Multimedialen Lernens beschreibt wichtige Grundlagen der kognitiven Verarbeitung von Multimedia (Mayer, 2001). Sie basiert auf der Theorie der Dualen Codierung von Paivio (1986), nach der Botschaften über zwei unabhängige Kanälen als verbale und als nonverbale Information aufgenommen und dann zur kurzfristigen Speicherung in zwei separaten Systemen repräsentiert werden. Der Theorie von der Kognitive Belastung beim Lernen von John Sweller und Paul Chandler folgend hat jeder der beiden Arbeitsspeicher eine begrenzte Kapazität (Chandler und Sweller, 1991; Paas und van Merriënboer, 1994).

Bedeutsames Lernen findet in fünf kognitiven Prozessen statt (Mayer, 2001; Clark und Mayer, 2003): der Lernende wählt relevante Informationen auf Text- und auf Bildebene aus. Die dafür nötige Aufmerksamkeit darf nicht abgelenkt werden. Diese Information muss im jeweiligen Speicher selektiert werden. Textinhalte werden dabei in verbale Modelle und Bildinhalte in bildhafte Modelle strukturiert. Beide Informationstypen müsse dann in einem kohärenten mentalen Modell kohärenter Repräsentationen organisiert werden. Zur Integration des Neuen Wissens in das Alte Wissen, muss in einem metakognitiven Prozess das Alte Wissen aus dem Langzeitgedächtnis ins Bewusstsein gehoben werden, damit es hier als bestehendes kohärentes mentales Modell mit dem neuen mentalen Modell verknüpft wird.

Es ist also eine nicht zu vernachlässigende kognitive Anstrengung, neue Informationen zu dauerhaftem Wissen zu verarbeiten. Dabei hat der benötigte Arbeitsspeicher nur eine limitierte Kapazität und wird schon von anderen Prozessen des Lernens beansprucht, beispielsweise für die Handhabung eines Computers. Der Arbeitsspeicher bestehe aus drei

additiven Komponenten (Sweller, 2006): (I) Die intrinsische kognitive Belastung (intrinsic cognitive load) steckt im Lernthema an sich. Dies ist abhängig vom Vorwissen, da der Lernerfolg leichter wird, wenn zu dem Lernthema Vorwissen besteht (Ausubel, 1968). (II) Die extrinsische kognitive Belastung (extraneous cognitive load) wird von der Lernumgebung verursacht. Sie wird beispielsweise erhöht, wenn in einer Fremdsprache gelehrt wird. (III) Die lernbezogene kognitive Belastung (germane cognitive load), die also für den oben beschriebenen Lernprozess an sich relevant ist (e.g. Tarmizi und Sweller, 1988; Baddeley, 1992). Werden die Ladungen (I) oder (II) zu groß, so übersteigt es die Kapazität des Arbeitsspeichers zu Ungunsten von (III). Es kommt zu einer kognitiven Überlastung, die darin ersichtlich wird, dass der Lerner die Informationen nicht prozessieren, ergo nicht ins Langzeitgedächtnis verschieben kann.

Dieses Modell des Lernens macht begreifbar, wie das Lernen schnell verhindert werden kann. Im multimedialen Lernen hat Mayer dabei sechs inzwischen etablierte Prinzipien entdeckt, die kognitive Überlastungen provozieren, bzw. die limitierte Aufmerksamkeit (SOI Modell) ablenken können. Die Prinzipien möchte ich hier im Folgenden kurz vorstellen: Das Multimedia-Prinzip besagt, textuelle und grafische Information zugleich fördern den Wissenserwerb, wobei Texte oder Grafiken jeweils alleine es reduzieren. Besonders effektiv scheinen Grafiken mit Text zu sein. Das Kontiguitätsprinzip betont die Wichtigkeit der räumlichen Nähe und Simultanität der beiden Informationsquellen. Das Kohärenzprinzip warnt vor der Ablenkung durch akustisches oder visuelles Irrelevantes ohne didaktischen Wert. Das Modalitätsprinzip wiederum betont die lernfördernde Wirkung von akustischer Unterstützung visueller Informationen: eine audio-visuelle Präsentation, beispielsweise eine gesprochene Erläuterung zu einer Grafik, ist lernförderlicher als eine rein visuelle. Dagegen ist ein Vorleser zum visuell präsentierten Text laut Redundanz-Prinzip überflüssig wie auch hemmend.

3.1.4 Multimedia mit Papier und Stift: Das Concept Mapping

Ein weiteres Beispiel für eine multimediale Lern- und Lehrmethode, die ohne Elektrizität auskommt, ist das Concept Mapping (CM), bei dem gleichsam chaotisch Konzepte durch ihre Beziehungen zueinander erklärt, somit geordnet und sinnvoll werden. Gerade nach Hypermedia- und computerunterstützten Lerneinheiten kann das CM eine sinnvolle Nacharbeit darstellen (Hilbert und Renkl, 2008).

Eine Concept Map (CMap) ist eine „Landkarte der Konzepte“ zu einem Thema, bei dem die Begriffe durch beschriftete Pfeile miteinander in Verbindung gesetzt werden. Diese Begriffe können als Bilder oder Wörter stehen. Eine CMap ist also eine 2D Grafik mit Wörtern zur Präsentation von Konzepten, eingebettet im Netzwerk ihrer Zusammenhänge beschrieben. Damit ist sie einem Hypertext vergleichbar und arbeitet dazu mit zwei Codes (verbal und

grafisch; Paivio, 1971). Demnach entspricht die CMap der Definition von Multimedia (Mayer, 1997, 2001).

Die Technik wurde ursprünglich von Joseph Novak und seinen Mitarbeitern in den 1970ern zur grafischen Darstellung der Entwicklung der Konzepte jugendlicher Probanden im Laufe der Jahre entwickelt (Novak und Gowin, 1984). Dabei wurden die Möglichkeiten der CMap als Unterrichtswerkzeug, sowohl als Mittel der Schüler, ihr Wissen zu visualisieren, als auch als Darstellungsform im Unterricht erkannt. Es hat sich gezeigt, dass Wissen, das in einer Cmap grafisch geordnet werden muss, sehr aussagekräftig ist. Es lässt sich die Entwicklung der Zusammenhänge der Konzepte nachvollziehen – ein interessanter Einblick in die Vorstellungen, sowohl für den Lernenden als auch für den Lehrer. Darin sehen gerade Konstruktivisten eine Chance, weil der Lerner sein Wissen aktiv konstruiert. Nach dem konstruktivistischen Ansatz ist Lernen ein selbstgesteuerter aktiver Prozess, der durch (lehrerzentrierte) Wissensvermittlung nicht gelingen könne. Dieser führe zu auswendig gelerntem „trägem“ Wissen, aber nicht zu verstehendem Lernen („meaningful learning“) (Duit, 1995). CM hingegen fördert konzeptuelles Verständnis von Inhalten („conceptual understanding“) und die Entwicklung vernetzten Wissens in den Naturwissenschaften (Schaal, 2006). Außerdem sei die Ordnung der Konzepte ähnlich der mentalen Präsentation von Wissen im semantischen Gedächtnis (Collins und Quillian, 1972). Ähnlich den Modellen von Mayer (2001) über die metakognitiven Prozesse des Lernens, haben auch Novak und Gowin (1984) angenommen, dass bedeutsames Lernen die Assimilation von neuen Konzepten und Propositionen in schon existierende kognitive Strukturen ist. Grundsätzlich hat jeder Lerner schon ein Konzept von einem Gebiet, über das er lernt (Strike und Posner, 1992)!

Wie Ausubel (1968) den Lehrenden rät: „The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach accordingly.“ CM könnte demnach ein effektives Werkzeug für das Unterrichten und das Lernen sein, bei dem einen aktiven Lernprozess und Verständnis gefördert wird, nicht verbindungsloses Faktenwissen. Allerdings birgt das CM auch die Nachteile des hypermedialen Lernens: Eine CMap ist nicht linear strukturiert, was einerseits das aktive Mitdenken und somit sinnvolle Verständnislernen fördert. Andererseits wird es für Lerner, die viele Jahre schon in linearen Lernszenarien unterrichtet wurden, schwierig, auf das gewissermaßen chaotische Lernbild einer Gedankenskizze umzusteigen. CM muss als Technik und in seiner Vernetztheit als Denkweise erlernt werden, was einem Lerner, je länger er das lineare Denken trainiert hat, schwer fallen könnte. Zunächst ist es auf jeden Fall eine neue Technik, die erlernt werden muss – was zu einer zusätzlichen kognitiven Belastung führen kann.

3.1.5 Lehren mit Multimedia an der Schule

Der Computer wird die Schule und ihren Auftrag verändern,
gleich ob sie sich auf ihn einlässt oder nicht.
Sie wird sich vermutlich umso mehr ändern, je weniger sie sich mit ihm befasst.
v. Hentig, 1993

Da der Computer zwangsläufig nach der Einführung des PCs in die Schulen einziehen musste, wurde angenommen, dieses neue Medium führe zu einer Lernrevolution (Fabos 2001). Inzwischen ist Informatik zu einem alltäglichen, technisch längst realisierbaren Unterrichtsfach geworden. Um die Integration der CIP-Pools im alltäglichen Unterricht zu gewährleisten, werden Lehrern entsprechende Fortbildungen angeboten. Projekte wie „Laptopklasse“ werden gefördert, um den Schulalltag auf diesem Wege mit dem neuen Medium zu erproben (z.B. Stiftung Bildungspakt Bayern: „I lern“).

Die Entwicklung entsprechender Lehrpläne ist nicht (mehr) der zentrale Punkt. Der Entwicklung angemessener Unterrichts- und Lehrformen muss die Aufmerksamkeit gehören: „How to teach and learn, in science classes in programs of science teacher education, is the issue of importance.“ (Russel, 1993). Die Interaktivität wie auch die neue Darstellungsform mit dem Computer verlangt neue Lern- wie auch Lehrwege; selbst das Lehrersebstverständnis müsse sich wandeln, vom Dozenten hin zum Tutor des selbstständigen, intrinsisch motivierten Lernalters (Schaal und Bogner, 2005).

Welche Art der Computernutzung zur Förderung des Lernens an Schulen letztlich sinnvoll ist, wird bislang im Schulalltag individuell erprobt. Üblich sind computerunterstützte Lerneinheiten als „Stand-Alone“-Phasen. Dies entspricht in etwa einer Material-zentrierter Freiarbeit (nach Montessori), da oft Arbeitsauftrag und meist Lernsoftware vorgegeben sind. Diese Freiarbeit birgt Vorteile wie die Förderung der Selbstverantwortung beim Lernen oder die Steigerung der empfundenen Autonomie, eigenen Kompetenz im Schulalltag und Interesse am Lernen, respektive am Lehrstoff. Außerdem wird schon wegen der technischen Notwendigkeit (mangelnde Computerplätze) zu eist in Kleingruppen von zwei Schülern gearbeitet, was Kooperationsfähigkeit und Teamwork fördert – vergleichbar mit den Vorteilen von Stationenlernen (Bauer, 2003), „Peer Learning“ und „Lernen durch Lehren“. Hier kann der Lerner ganz nach seinem eigenen Interesse die Reihenfolge, wie man das Thema bearbeitet selbstständig wählen, ebenso wie lange er sich damit auseinandersetzen/beschäftigen will (Hepp, 1996; Schaal und Bogner, 2005). Durch diese Freiheit können die drei psychischen Bedürfnisse nach autonomem Betreuungsangebot, eigener wahrgenommener Kompetenz und sozialem Bezug gestillt werden, was nach der Selbstbestimmungstheorie (Deci und Ryan, 1993; Grolnick und Ryan, 1989; Williams und Deci, 1996) die Motivation des Lernalters fördert.

Aber in den letzten 20 Jahren wurde die Vor- und Nachteile des neuen Mediums Computer

ebenso kontrovers diskutiert (z.B. von Hentig, 1993) wie schon 30 Jahre länger die der Freiarbeit unter minimaler Anleitung des Lehrers (Ausubel, 1964; Mayer, 2004; Kirschner, Sweller und Clarc, 2006).

Sowohl das autonome als auch das computerunterstützte Lernen stellen einen hohen Anspruch an die Selbstregulierungs-Fähigkeit des Schülers (Schreiber, 1998). Zwar wird die Freiarbeit dafür gerühmt, dass sie diese Fähigkeiten bezüglich Eigenverantwortung fördern, es sollte hier aber bedacht werden, dass der Lerner, der einen Schulalltag mit traditionellem Lehrerzentrierten Frontalunterricht gewöhnt ist, diese Kompetenzen eventuell (noch) nicht hat. Demnach wird der erste Eindruck bei (computerunterstützter) Freiarbeit eine Überforderung der Schüler sein – sowohl kognitiv als auch ihre Selbstständigkeit betreffend. Daraus resultierend können die kognitiven Lernerfolge gering sein. Dafür wurden erste Schritte zum selbstregulierten, selbstständigen, eigenverantwortlichen Lernen gemacht. Letztlich ist wohl ausschlaggebend, auf welche Lernziele sich der Lehrer fokussieren will.

3.1.6 Fokus dieser Arbeit

In drei empirischen Studien wurden die Auswirkungen des Multimedialen Lernens im Schulalltag auf die Lernemotionen und den Wissenserwerb im Vergleich zum traditionellen Lernen und unter verschiedenen kognitiven Belastungsstufen untersucht.

In der ersten Studie (Teilarbeit A) wurden der Lernerfolg und die intrinsische Motivation bei variierendem Grad der Freiarbeit mit Computern mit sehr jungen Schülern (6.Klasse) getestet. In der zweiten Studie (Teilarbeit B) wurde bei älteren Schülern (8.Klasse) ein Medienvergleich (Computer – Buch) bei Textarbeit durchgeführt. Auch hier wurde der Effekt der Lehrerbegleitung auf Lernerfolg und Emotionen geprüft. Die dritte Studie beschäftigte sich mit dem Concept Mapping als multimediale Lernmethode. In Teilarbeit C wurden die möglichen Ursachen der Fehler in den Concept Maps analysiert. Damit wurde in Teilarbeit D die Concept Maps als Wissenstest geprüft, indem die Komplexität der Concept Maps mit den kognitiven Wissenstests verglichen wurde.

Die Hypothesen und entsprechenden Designs der Studien werden in Kapitel 3.2. erläutert. Die Ergebnisse der Studie werden ausführlich in der angehängten Veröffentlichung dargestellt. In Kapitel 3.3 werde ich ein Resümee aller Studien erstellen und diese zusammenfassend diskutieren.

3.2 Unterrichtsdesign & Ziele der Arbeit

In der Planungsphase der Dissertation wurden wissenschaftlich fundierte Hypothesen und eine geeignete Unterrichtsmethode entwickelt. Mit der Auswahl geeigneter Schülergruppen für die Fragestellungen wurde entsprechend des Lehrplans ein Unterricht konzipiert. In dieser Studie sollte zunächst vorhandene Computersoftware genutzt werden, die aber wegen des veralteten Designs wenig geeignet war. Darum musste eigenes Material in Form von HTML¹-programmierten Internetseiten entwickelt werden, wobei vorhandene Freeware aus dem Internet genutzt wurde. Im Unterrichts- wie im Software-Design wurden die Multimedia-Konzepte von Mayer (2001) beachtet. Dies schloss kommerzielle oder an Schulen übliche Software aus, da sie zumeist vor 2002 erstellt wurden und die Multimedia-Prinzipien nicht berücksichtigten.

Bei einer Studie, eingebettet in Schullalltag und mit Schülern unter alltäglichen Bedingungen, sind die beeinflussenden Faktoren schwer zu kontrollieren, vergleichbar einem Freilandexperiment in Ökologie. Wir versuchten die variierenden Faktoren dieses „quasi-experimentellen Designs“ zu kontrollieren, indem wir jeweils nur einen Faktor pro Versuchsansatz änderten. Deshalb wurden für die Hauptfragestellungen zwei getrennte Interventionen durchgeführt (Studie I und Studie II). Um des Weiteren einen Lehrereffekt zu verhindern, wurde in beiden Studien der Unterricht immer von nur einem, den Schülern unbekanntem, Lehrer geführt. Ein BACI (Before-After-Control-Impact) Design (Smith, 2002) ist bei einem solchen quasi-experimentellen Design adäquat: dafür gibt es „Probenentnahmen“ in Form von Wissenstests vor und nach der „Behandlung“, dem Unterricht. Zusätzlich wurde der Langzeiteffekt mit einem weiteren verspäteten Nachtest, dem Retentions-Test, geprüft. Um Effekte der Behandlung zu erkennen, gab es eine Behandlungsgruppe, die mit der antithetischen Weise unterrichtet wurde. Des Weiteren könnten Effekte dieser Probenentnahme, also des Fragebogens, überprüft werden, indem er von einer Kontrollgruppe ausgefüllt wird, die ansonsten nicht an der Studie teilnimmt. Zur Messung der Lernemotionen (z.B. Interesse) wurden mit folgenden vier Subskalen des standardisierten „Intrinsic Motivation Inventory“ verwendet: Interesse, empfundene Kompetenz, Anstrengung und Druck (Deci und Ryan, 1985).

Die selbstständige Arbeit fand in allen drei Studien in Kleingruppen von zwei, gegebenenfalls auch drei Schülern statt, die sich ihre Partner frei wählen durften. In Studie I und II war es Aufgabe der Schüler, ein Arbeitsheft, das als Leitfaden für selbstständiges Lernen diente, in der vorgegebenen Zeit mit den vorgegebenen Hilfen (Lernsoftware, Buch) auszufüllen. In Studie III erstellten die Arbeitsgruppen Concept Maps mit vorgegebenen

1 **H**ypertext **M**arkup **L**anguage, kurz Hypertext, textbasierte Auszeichnungssprache zur Strukturierung von Text, Graphik und Hyperlinks; Basis des WWW;

Begriffen. Die Programme, Arbeitshefte und weitere Materialien für die Unterrichtseinheiten sind im Anhang zu finden.

An den Interventionen haben insgesamt 355 Schüler aus zwölf 6.Klassen verschiedener bayerischer Gymnasien für Studie I & III und 577 Schüler aus 23 8.Klassen für Studie II teilgenommen.

Fragebogen-Sets, die wegen Ausfalltagen der Teilnehmer oder inadäquat ausgefüllter Fragebögen unvollständig waren, wurden nicht ausgewertet. Dieser Ausfall ist bei 8-Klässlern mit ~ 30% der Teilnehmer höher als bei 6-Klässlern mit 20%. Beide Werte liegen im Bereich der üblichen Ausfallrate bei Studien in der Bildungsforschung (Mellanby, Rees und Tripp, 2000). Letztendlich nahmen effizient an Studie I/III 285 Schüler und an Studie II 393 Schüler teil (Tab. 1).

Tabelle 1: Teilnehmer von Studie I und II

Studie I (6.Klasse)					
Behandlung		Schüler	Klassen	Geschlecht	Alter
geführt	GUIDED	126	5	60 / 40	12,6 ± 0.5
ungeführt	UNGUIDED	102	4	39 / 61	12,6 ± 0.5
Kontrolle		57	2	60 / 40	12,6 ± 0.5
total		285	11	50 / 50	12,6 ± 0.5
Studie II (8.Klasse)					
Behandlung		Schüler	Klassen	Geschlecht	Alter
Computer & Quiz	CAL 1	51	4	73 / 27	13.7 ± 0.6
Computer & Lehrer	CAL 2	114	5	40 / 60	13.6 ± 0.7
Literatur & Lehrer	TAL	172	8	59 / 41	13.6 ± 0.7
Kontrolle		55	3	53 / 47	13.4 ± 0.5
total		393	20	54 / 46	13.6 ± 0.6

3.2.1 Design & Ziele der Teilarbeit A

In dieser Studie verglichen wir den Lernerfolg und die Lernemotionen der Schüler bei computerunterstützter Freiarbeit, anhängig vom Grad der Führung durch den Lehrer. Dabei wurden das Geschlecht und das Vorwissen beachtet.

Unsere Hypothesen lauteten:

- (I) Nicht der ungeführte, jedoch der geführte Unterricht fördert Interesse und Lernerfolg.
- (II) Das Interesse am Thema korreliert mit dem kognitiven Wissensgewinn des Schülers.
- (III) Das Vorwissen beeinflusst das Lernen (Kognitive Belastung; Verknüpftes Denken)
- (IV) Mädchen werden weniger vom Computer motiviert als Jungen und lernen deshalb weniger.

Das Design dafür war das oben beschriebene BACI-Design mit zwei Behandlungsgruppen und einer Kontrolle ($n = 57$; Tab. 2). Die Behandlungsgruppe GUIDED ($n = 126$) hatte dabei einen höheren Grad der Lehrer-Führung als die Behandlungsgruppe UNGUIDED ($n = 102$), welche die volle Unterrichtszeit vollständig selbstständig mit der ihnen vorgegebenen Lernsoftware arbeitete. Diese Schüler durften zwischen den Themen springen, wie auch noch einmal nachschlagen und sich die Zeit für die einzelnen Fragen frei einteilen. In der Behandlung GUIDED war immer eine enge Betreuung durch den Lehrer gesichert. Das Thema war der 6.Klasse des bayerischen Gymnasiums entsprechend „Ökosystem See“. Der Computerunterricht war eine 3-stündige Blockveranstaltung mit einer Pause.

Tabelle 2: Quasi experimentelles Design ^a der Studie

Zeitplan	Maßnahme	Behandlungsgruppe			
2 Wochen zuvor	Vortest K1				
Intervention	Computer gestützter Unterricht	Vorwissen	GUIDED	UNGUIDED	KONTROLLE
		gering	61	39	31
		hoch	65	63	26
		<i>N total</i>	126	102	57
nach Unterricht	Nachtest K2				
6 Wochen danach	Nachtest 2 K3				

Note: ^a Das Design impliziert eine Ein-Weg multivariate Varianz Analyse mit Messwiederholungen, welche aber wegen der mangelnden Normalverteilung der Variablen abgewiesen werden muss.

3.2.2 Design & Ziele der Teilarbeit B

In der darauf folgenden Studie wurden Lernerfolg und die Lernemotionen der Schüler beim selbstständigen Arbeiten mit zwei unterschiedlichen Medien verglichen: einer Broschüre, vergleichbar mit einem Schulbuch, und demselben Text, jedoch präsentiert mit einer HTMLprogrammierten „Homepage“ auf dem Computer, bereichert durch Multimedia-Elemente, wie Simulationen und Filme. Der Computer könnte einen höheren kognitiven Anspruch an den Lerner haben, ihn aber auch wegen der Multimedialität und Seltenheit im alltäglichen Unterricht motivieren. Die Möglichkeit, den Stoff des Unterrichts zu unterschätzen, weil er in computerunterstützter Freiarbeit gelernt wird, soll mit dem auszufüllenden Arbeitheft verhindert werden. Die Schüler sind wegen des Lehrplankonformen Informatikunterrichts im Umgang mit Computern routiniert.

Unsere Hypothesen lauteten:

- (I) computerunterstützter Unterricht steigert die motivationalen Faktoren der Schüler.
- (II) computerunterstützter Unterricht steigert somit den kognitiven Lernerfolg.
- (III) Mädchen sind weniger motiviert und lernen schlechter mit dem Computer.

Das BACI-Design bestand aus drei Behandlungsgruppen und einer Kontrolle (n = 55; Tab. 3). Die Behandlungsgruppe CAL2 (n = 114) arbeitete am Computer, die Gruppe TAL (n = 114) mit dem äquivalenten Textbuch. Beide Gruppen schließen den Unterricht mit einer Zusammenfassung im Klassenverband mit dem Lehrer ab. Die Gruppe CAL1 (n = 51) hatte den Unterricht, äquivalent zu CAL2, allerdings wurden die Fragen in der Konsolidierungsphase nicht mit dem Lehrer diskutiert, sondern in einem computerunterstützten Quiz nachbereitet.

Thema des Unterrichts war der 8.Jahrgangsstufe des bayerischen Gymnasiums entsprechend „Soziale Insekten – die Honigbiene“. Die Schüler hatten 60 Minuten für die vollständig selbstständige Arbeit.

Tabelle 3: Quasi experimentelles Design ^a der Studie

Interventions-Gruppe		CAL1	CAL2	TAL	Kontrolle
(total n = 393)		(n = 51)	(n = 114)	(n = 114)	(n = 55)
Vortest		K1	K1	K1	K1
Wartezeit			2 Wochen		
Unterricht ^b	70 min	Computer	Computer	Textbuch	
Konsolidierung	10 min	Computer-Quiz	Lehrerzentriert	Lehrerzentriert	
Nachtest	10 min	K2 + IMI	K2 + IMI	K2 + IMI	K2
Wartezeit			6 Wochen		
Nachtest 2		K3	K3	K3	K3

Note: ^a Das Design impliziert eine Ein-Weg multivariate Varianz Analyse mit Messwiederholungen, welche aber wegen der mangelnden Normalverteilung der Variablen abgewiesen werden muss.

^b inklusive einer 10-minütigen Einführung

3.2.3 Design & Ziele der Teilarbeit C und D

Ziel der Studie war es, die Fehler und Komplexität der Concept Maps (CMaps) bei zwei unterschiedlich schweren Lernstoffen zu vergleichen. Dafür wurden die CMaps der Schülergruppen ausgewertet, die sie zu zwei Themen erstellten, welche sie im computerunterstützten Vorunterricht kennengelernt hatten (Tab. 4).

Da die Schüler Anfänger des Concept Mappings (CM) waren, haben sie zunächst in einer 15-minütigen Einführung gemeinsam mit dem Lehrer eine CMap über ein bekanntes außerschulisches Thema erstellt. Danach bekamen die Schüler jeweils einen Bogen mit vorgegebenen Konzepten zu den zwei unterschiedlich schweren Themen. Das erste - einfache - Thema war „Die Kaulquappe“ mit folgenden Unterpunkten: (a) Zusammenhang von körperlichen Eigenschaften und Lebensweise (Körperbau; Leben im Jahreskreislauf) (b) Nahrungsketten (c) Reproduktion und Entwicklung (d) Gefährdung und Schutz der

Amphibien (e) praktische Experimente, um abstraktes rationales Denken zu üben. Das zweite, wesentlich schwierigere Thema behandelte "Ökosystem See" mit den Unterpunkten: (a) Basiskonzepte der Ökologie (b) Pflanzen (Bedeutung und Funktion der Photosynthese) (c) Energieerhaltung und Atmung (d) Nahrungsketten (e) weitere Beispiele für den Zusammenhang von Physis und Lebensweise anhand einiger faszinierender Tiere, um für die Notwendigkeit des Naturschutzes zu sensibilisieren (f) Gefährdung und Schutz von Ökosystemen.

Die Schüler hatten für jedes Thema 35 Minuten zur Erstellung der CMap aus den vorgegebenen Konzepten zum Thema (siehe Anhang). Die Verbindungsphrasen waren frei wählbar. Die Vorgabe der Konzepte sorgt sowohl für eine Vergleichbarkeit der CMaps, als auch für eine Reduzierung der kognitiven Belastung (Nükles, Gurlitt, Pabst und Renkl, 2004), da sie nicht erst selber gefunden werden müssen.

Ziele der Teilarbeit C waren:

- (I) Identifikation und Klassifikation der Anfängerfehler beim Concept Mapping.
- (II) Identifikation der Unterschiede der Fehler bei leichtem bzw. schwerem Thema.
- (III) Identifikation von Fehlerursachen beim Concept Mapping.

Hypothesen der Teilarbeit D waren:

- (I) Das Wissen in CMaps korreliert mit aktuellem Wissen, repräsentiert in konventionellen Wissenstests.
- (II) Das Wissen in CMaps ist „sinnvoll integriert“, ergo konsistentes Wissen, so dass es mit dem Langzeit-Wissen, gemessen im konventionellen Wissenstest nach 6 Wochen besser korreliert.
- (III) Technische Fehler führen zu einer Unterschätzung des repräsentierten Wissens in der CMap.

Tabelle 4: Quasi experimentelles Design ^a der Studie

		Interventions-Gruppe	Kontrolle
Vortest	<i>2 Wochen zuvor</i>	K1	K1
Computergestützter Vorunterricht	60 min	(A) „Kaulquappe“	
	60 min	(B) „Ökosystem See“	
Concept Mapping	15 min	Einführung ins Concept Mapping	
	35 min	CM über (A) „Kaulquappe“	
	10 min	CM über (B) „Ökosystem See“	
Nachtest (<i>anschließend</i>):	10 min	K2	K2
Retentionstest	<i>6 Wochen danach</i>	K3	K3

Note: ^a Das Design impliziert eine Ein-Weg multivariate Varianz Analyse mit Messwiederholungen, welche aber wegen der mangelnden Normalverteilung der Variablen abgewiesen werden muss.

3.2.4 Ausstehende Analyse: Screenshots

Außerdem wurde während des Computerunterrichts in Studie I Screenshots der Bildschirme der Schüler gespeichert. Diese geben Hinweise auf die Handhabung der Lernsoftware. Die Screenshot-Analyse scheint ersten Ergebnissen nach eine vielversprechende Möglichkeit der Begleitung der Lerner und Analyse der Anwenderhandlungen mit Software zu sein, die zu schnellen Ergebnissen führt und auch im Schulalltag einzusetzen wäre.

3.2.5 Datenanalyse

Die Datenanalyse erfolgte mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS (Version 14.0, bzw. 16.0, SPSS Inc.).

Die Wissenstests in allen Studien waren auf Reliabilität getestet (Cronbach's Alpha). Nachdem alle Daten auf Normalverteilung negativ getestet wurden (Shapiro-Wilk-Test), wurden im Weiteren nicht-parametrische Tests ausgeführt. In der Studie C und D wurde ein Test auf Objektivität mit dem Cohen's Kappa-Koeffizient und die Kontingenz mit dem Kontingenz-Koeffizienten der Kreuztabelle durchgeführt. Der Signifikanzlevel des Kontingenz-Koeffizienten wurde mit Bonferroni korrigiert. In Studie D wurde eine bivariate Korrelation mit Spearman's Rho mit zweiseitiger Signifikanz berechnet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Teilstudien A-D hinsichtlich der jeweiligen Ziele vorgestellt und diskutiert.

3.3 Ergebnisse und Diskussion

Alle multimedial unterstützten Unterrichtseinheiten sind in den Schulen erfolgreich erprobt worden.

Eine gravierende Unterschätzung des Unterrichtstoffes (Salomon, 1984), die Kramer (2005) als wesentliches Problem seiner Studie thematisiert hatte, wurde augenscheinlich durch die Integration der Lerneinheit im Schulalltag und die Arbeitshefte verhindert. Eine übermäßige kognitive Belastung wurde mit einem entsprechenden Design der Internetseiten nach den Prinzipien des Multimedia-Lernens vermieden, was gelungen scheint, da die Schüler die Lerneinheiten durchweg positiv beurteilten und sie gute kognitive Ergebnisse erzielten. Die hohen Werte der gemessenen Selbstkompetenz der Schüler im computerunterstützten Unterricht untermauern die Vermutung, die Teilnehmer hätten ausreichend Erfahrung mit dem Medium, so dass die Studien gute Konditionen für klare Ergebnisse hatten.

3.3.1 Teilarbeit A: Anleitung bei multimedialem Lernen

Selbstständige Arbeit im Unterricht kann Schülern ein Gefühl von Kompetenz, Eigenverantwortung und Selbstbestimmung geben und so motivierend wirken, was sich letztlich auch auf den Wissenszuwachs niederschlägt (Schaal, 2006). Ein völliges Alleinlassen kann aber auch demotivieren und das Lernen hemmen, wenn die Schüler dabei kognitiv überfordert werden (Sweller, 2006).

Um dies zu untersuchen, wurde in Teilarbeit A der Führungsstil bei computerunterstützter Freiarbeit im Biologieunterricht in der 6.Klasse des Gymnasiums variiert. Dabei wurde der Fokus auf das Vorwissen, als möglicher Faktor der intrinsischen kognitiven Belastung, und das Geschlecht gelegt.

Sowohl der geführte als auch der völlig freie Unterricht zeigten Vorteile, allerdings abhängig von Geschlecht und Vorwissen des Lernalters. Generell haben Jungen und Mädchen gleichermaßen gut mit dem Computer arbeiten können und erfolgreich gelernt. Dies steht im Kontrast zu Dillon und Jobst (2005), die Unterschiede der Geschlechter fanden, was aber ein Effekt des Alters unserer Teilnehmer (6.Jahrgangsstufe) sein könnte, welche ein gender-spezifisches Verhalten bezüglich des Computer vielleicht noch nicht ausgeprägt hatten (Stoller, 1968). Vielleicht gehören diese Jugendlichen auch einer Generation an, in der Computer - geschlechts-unspezifisch – alltäglich sind.

Gezielte Anleitung scheint den negativen Effekt des während des Unterrichts empfundenen Drucks (IMI TENSION) und von geringer Selbstkompetenz (IMI COMPETENCE) zu reduzieren, so dass sich kein Effekt auf den Lernzuwachs zeigt. Auch verhinderte die Anleitung, dass Jungen desinteressiert wurden, allerdings ohne bemerkenswerten Effekt auf deren

2 Gender² bezeichnet das „soziale“ oder „psychologische“ Geschlecht einer Person im Unterschied zum biologischen Geschlecht (engl. sex).

Lernerfolg. Schüler mit hohem Vorwissen wie auch Mädchen im Gesamten waren von der ungeführten Freiarbeit hier weder gefördert noch gehemmt worden, was letztlich für ungeführte Freiarbeit zur Förderung der „schlechten Schüler“ spricht. Dieser Aspekt trat jedoch entgegen unserer Erwartungen einer von der Alleinarbeit verursachten kognitiven Überlastung (Sweller, 2006) ein, die durch die Hilfe des Lehrers hätte verhindert werden sollen. Wichtiger ist hier wohl die Selbstständigkeit: Was man sich selbstständig an Wissen angeeignet hat, das vergisst man nicht. Dass Schüler mit höherem Vorwissen nicht besser abgeschnitten haben, könnte auch ein Redundanzeffekt unserer Lerneinheit sein. Lowe (1993) berichtete, dass Lerner mit hohem Vorwissen durch die doppelte Präsentation einer Information in Bild- und Textform im Lernen gehemmt wurden. Letztlich scheint der ungeführte Unterricht angemessener zu sein, denn vor allem Schüler mit geringem Vorwissen haben bei der ungeführten Freiarbeit weniger des Erlernten vergessen und verfügten nach sechs Wochen sogar mehr Wissen als die geführten Lerner. Ein interessantes Ergebnis am Rande war, dass Schüler mit großem Vorwissen nach dem Unterricht von großem Interesse und Selbstkompetenz berichteten und dem Lernstoff eine höhere Wichtigkeit beimaßen, als Schüler mit geringem Vorwissen. Demnach scheint Vorwissen eine gute Vorraussetzung für erfolgreiches selbstständiges Computerlernen zu sein.

Diese beiden Ergebnisse sprechen dafür, eine konventionelle Unterrichtseinheit mit einer computerunterstützten Freiarbeit als Konsolidierungsphase zu kombinieren. Auf diesem Wege ist langfristiges kognitives Lernen gesichert und notwendige Kompetenzen, neben den kognitiven Lernzielen, werden geübt.

3.3.2 Teilarbeit B: Medienvergleich Computer - Buch

Nachdem diese Ergebnisse für Vorteile der Freiarbeit (als Konsolidierungsphase) sprechen, ist dabei der Vorteil der Multimedialität noch nicht bestätigt. Dies wird in Teilarbeit B in einem Medienvergleich mit unterschiedlicher Lehrerunterstützung geprüft. Dazu wurden die Motivation und der Lernzuwachs von 8-Klässlern bei selbstständiger Bearbeitung eines Textes getestet. Der Text wurde der einen Gruppe (TAL) als Printmedium (Heft), der anderen (CAL2) als Internetseite, bereichert um multimediale Einheiten (z.B. Simulationen), angeboten. Ein Teil der Computer-Testgruppe hatte statt der Konsolidierung im Frage-Antworten-Spiel mit dem Lehrer ein computerunterstütztes Quiz (CAL1).

Beste Wissensergebnisse wurden im Nachtest bei der Heft-Gruppe TAL erzielt. Nach sechs Wochen aber war der Wissensstand der Gruppen TAL und CAL2 identisch. Mädchen haben dabei insgesamt besser abgeschnitten als Jungen, was vor allem in der Buch-Gruppe

auffällig war. Dort hatten Mädchen auch von extrem geringen Werten im wahrgenommenen Druck berichtet, der ansonsten bei Jungen und Mädchen bei den Computergruppen gleich hoch war.

Aufgrund der Multimedialität der Multimediaeinheit wäre nach dem Computerlernen mit besseren Ergebnissen im Nachtest als nach dem Buchlernen zu rechnen gewesen (Dillon und Gabbard, 1998; Rasmussen und Davidson-Shivers, 1998). Dass dies nicht der Fall war, könnte Ergebnis einer kognitiven Überlastung beim Computer-Lernen sein (Sweller, Merriënboer und Paas, 1998). Diese glauben wir weitestgehend vermieden zu haben: die Schüler dieser Klassenstufe hatten ausreichend Computererfahrung, das Design der Software beachtet die Prinzipien nach Mayer (2001) und vor allem berichteten die Schüler gerade im reinen Computer-Lernen von hoher Kompetenz im computerunterstützten Lernen. Tatsächlich ist das Wissen im Retentions-Test bei den beiden Behandlungsgruppen äquivalent, was auch bedeutet, die Bücherlerner hatten mehr vergessen als die Computerlerner. Diese Gruppe scheint konsistenter Wissen zu haben, was auf ein verstehendes, vernetztes Lernen deutet.

Vielleicht als Effekt der Multimedialität lag der motivierende Faktor „Interesse“ bei der computerunterstützten Gruppen höher, obwohl die Schüler stundenplanbedingt Computerunterricht gewöhnt waren. Dass dieses Interesse zwar nicht mit dem Nachtest, aber dafür mit dem Retentions-Test korreliert entspricht den Erwartungen entsprechend Schaal und Bogner (2005): Interesse steigert den (langfristigen) Lernerfolg. Das gleiche Ergebnis aber in negativer Folge erkennen wir bei der Computergruppe, wenn die lehrerzentrierte Festigungsphase fehlt: zunächst ohne Effekt auf das Nachwissen, ist das Langzeitwissen dieser Schüler extrem gering und korreliert mit extrem geringem Interesse am Lernstoff. Das völlige Fehlen der Lehrerunterstützung schien trotz ansonsten motivierendem Computerunterricht demotivierend und dabei lernhemmend zu wirken. Dieser Effekt ist besonders gravierend bei Mädchen, die ansonsten immer besseren Lernerfolg als Jungen hatten, aber in dieser Unterrichtsform sogar schlechter waren. Überraschend war, dass sie in dieser Unterrichtsform dennoch die höchsten Werte der Selbstkompetenz erreichten. Generell waren in dieser Studie die Lernemotionen der Mädchen angesprochen worden, während es in Studie I mit 6-Klässlern wie auch bei Passing und Levin (2000) die Jungen waren. Der Lernerfolg der Mädchen wuchs mit dem Interesse bei Computergeführtem Unterricht, wenn der Lehrer die Festigungsphase begleitete und sank, fehlte der Lehrerkontakt.

Die geschlechtsspezifischen Ergebnisse dieser Studie könnten Effekte des Alters der Schüler sein, die in der 8.Jahrgangsstufe, anders als eventuell in der 6.Jahrgangsstufe (Studie I) die Gender-Identität voll entwickelt hatten (Stoller, 1968). Außerdem scheint Biologie das

Lieblingsfach der Mädchen geworden zu sein: seit Jahren liegt der Frauenanteil der Biologie-Erstsemester bei ca. 66% (Bundesamt für Statistik, 2005). Nicht auszuschließen ist auch, dass die Mädchen von dem weiblichen Lehrer angesprochen waren, da das Interesse der Schülerinnen verloren ging, wenn sie im reinen Computer-Unterricht (CAL1) zu dieser überhaupt keinen Kontakt hatten.

3.3.3 Teilarbeit C: Fehlerursachen beim Concept Mapping

In Studie III wurde mit Teilarbeit C und D geprüft, wie junge Schüler mit der neuen Technik des Concept Mappings (CM) umgehen können. Dabei wurden untersucht, ob die Schwierigkeit des Themas ausschlaggebend für eine gute Concept Map (CMap) ist.

Den 6-Klässler fiel es leicht, sich auf die neue Technik des Concept Mappings einzulassen. Sie bastelten die Poster begeistert, auch über das 2., schwerere Thema. Allerdings nahmen bei diesem die Fehler zu und die Komplexität der CM war gering, was den Ergebnissen von Slotte und Lonka entspricht (1999). Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen konnten wir weder bei der Qualität der CM noch den Fehlern feststellen. Dies ist im Widerspruch zu Pearsall und Kollegen, deren Studien allerdings mit Studenten durchgeführt wurden (Pearsall, Skipper und Mintzes, 1997). Aber auch Gerstner und Bogner (2009), die mit etwa Gleichaltrigen (5.Jahrgangsstufe) arbeiteten, fanden Gender-Effekte. Ein Grund hierfür ist nicht offen ersichtlich.

In Teilarbeit C wurden mögliche Gründe der Fehler analysiert. Zunächst wurden sechs Fehlertypen isoliert (Tab. 5) und deren Begründung herausgearbeitet. Drei Fehlertypen (F1, F2, F4) kamen bei beiden Themen mit annähernd gleicher Häufigkeit vor. Daraus schließen wir, es handele sich um technische Fehler, unabhängig vom Thema. Da es zwischen der Erstellung der beiden CMs keine Besprechung mit dem Lehrer gab, konnten diese Fehler nicht eliminiert werden. Demnach muss eine zweite Erklärung anhand der Nachbesprechung der CMs der Schüler stattfinden, um den Schülern die Fehler klar zu machen und sich quasi mit dem Lehrer auf einen gemeinsamen Code und ein einheitliches Regelwerk zum CM zu einigen.

Obwohl die Schüler gute Resultate bei dem ersten Thema A erzielten, scheiterten die Schüler eher beim Thema B. Eine gravierende Häufung zweier Fehler (F5, F6; fehlende Beschriftung) nahm zu, wohingegen der Fehlertyp F3 fast fehlt. Diese drei Fehler sind demnach themenabhängig. F5 und F6 scheinen bei unsicherem Wissen wegen schwacher Verbalisierungsfähigkeit aufzutreten und könnten Anzeichen für kognitive Überforderung bei einem zu schweren Thema sein. F3 zeigt tatsächliche eindeutig fachliche Fehler (siehe Beispiel, Tab. 5).

Während in Thema A nach Eliminierung der technischen Fehler falsche Verbindungen also tatsächliche falsche Konzepte anzeigen (F3), so ist die Analyse der CM bei Thema B für den

Lehrer schon schwieriger. Die Schüler scheinen vom Thema B überfordert: sie kritzelten mehr vage Erinnerungen von unverstandenen Zusammenhängen auf das Poster. Weil das Wissen so ungenau war, konnten sie die Verbindungen nicht beschriften. Dies könnte auch ein Problem der verbalen Fähigkeiten sein. Sicher ist auch kognitive Überlastung ein Faktor, denn das Thema B war für 6-Klässler ausgesprochen schwierig (Scharfenberg, Bogner und Klautke, 2007; Nückles et al., 2004).

Table 4: Definition der Fehlertypen mit Beispiel

Fehlertyp		Beispiel	
F1:	richtige Linkphrase – falsche Pfeilrichtung	Frosch	atmet mit → Lunge
F2:	richtige Linkphrase – keine Pfeilrichtung	Frosch	atmet mit — Lunge
F3:	falsche Linkphrase – mit Pfeilrichtung	Frosch	atmet mit → Kiemen
F4:	falsche Linkphrase – keine Pfeilrichtung	Frosch	atmet mit — Kiemen
F5:	keine Linkbeschriftung – mit Pfeilrichtung	Frosch	... → Lunge
F6:	keine Linkbeschriftung – keine Pfeilrichtung	Frosch	... — Lunge

3.3.4 Teilarbeit D: Vernetztes Wissen in Concept Maps

Die Komplexität der CM soll als Indikation von verstehendem Lernen Rückschlüsse auf den Langzeitlernerfolg geben (Kinchin, Hay und Adams, 2000), was in einem weiteren Schritt in Teilarbeit D mit der Korrelation der Komplexität der CM mit den Wissenstests überprüft wurde. Die Komplexität einer CM ist die Anzahl der Verknüpfungen im Wissensnetz. Je mehr davon konstruiert werden können, desto komplexer ist das Wissen des Konstrukteurs zum Thema. Da viele Verbindungen der Schüler-CMaps fehlerhaft waren, war die Komplexität der ursprünglichen CMaps größer, als sie „fachlich richtig“ wäre. Deshalb löschten wir „falsche“ Verbindungen und erhielten CMapss reduzierter Komplexität, dafür aber fachlich korrekter Verbindungen. Dies nannten wir die tatsächliche Komplexität („actual complexity“ AC) einer CMap.

Dabei achteten wir nicht auf den Grund des Fehlers, ob technischer oder fachlicher Ursache, weswegen die AC das tatsächliche Wissen des Konstrukteurs unterschätzen könnte. Die korrigierte, tatsächliche Komplexität („corrected actual complexity“ CAC) löschte nur fachliche Fehler und ließ technische Fehler gewähren.

Es besteht eine signifikante Korrelation zwischen der tatsächlichen Komplexität AC und dem Ergebnis des Nachtests, gemessen mit einem Multiple-Choice-Fragebogen, was den Ergebnissen von Novak, Gowin und Johansen (1983) entspricht. Die Korrelation des korrigierten CAC ist höher, was unsere Annahme bestätigt, dass der AC das Wissen der Schüler unterschätzt. Allerdings sind bei AC wie auch bei CAC die Korrelationen schwach,

so dass eine CMap wenig geeignet als Ersatz für Wissenstests ist. Des Weiteren findet sich nur bei dem schweren Thema (B), aber nicht bei dem leichten Thema (A) eine Korrelation zwischen AC/CAC und Langzeitwissenstest. Da im schweren Thema weniger gelernt wurde, scheint dieses wenige Wissen dafür umso konsistenter gewesen zu sein. Im leichten Thema scheint hingegen viel ungefestigte, unverstandenes „Wissen“ kurzfristig abrufbar zu sein, das nach sechs Wochen wieder vergessen war.

Das Ergebnis mit dem schweren Thema (B) bestätigt die Theorie von Kinchin und Kollegen, die Komplexität einer CM indiziere das Maß des verstehenden Lernens (Kinchin et al., 2000). Das in einer CM abgebildete Wissen ist über die Zusammenhänge der Einzelfakten, und stellt damit ein verständnisvolleres, vernetzteres und damit konsistenteres Wissen dar, als es mit Faktenwissen-Tests abgefragt werden kann. Faktenwissen kann schnell wieder vergessen werden, wohingegen vernetztes Wissen im Langzeitgedächtnis leicht integriert wird. Dementsprechend wäre zu erwarten gewesen, dass die Korrelation des CAC mit dem Langzeitwissen noch stärker als mit dem Nachtest ist, denn nicht gefestigtes, unverstandenes „Wissen“, das im Nachtest noch abrufbar war, wäre in der Zwischenzeit vergessen worden. Da dies nicht der Fall war, scheint die die Komplexität einer CMap unter Umständen durchaus Hinweise auf das langfristige Wissen der Schüler zu geben, allerdings eignet sie sich nicht als Ersatz für konventionelle Wissenstests. Zusammen mit Cmaps und konventionellen Wissenstests kann der Lehrer aber tiefere Einblicke in das Verständnis seiner Schüler erwerben (Åhlberg and Ahoranta, 2008) und entsprechend seinen Unterricht ausrichten.

3.3.5 Chancen für die Schule

Zusammenfassend eröffnen die Ergebnisse der Teilarbeiten erfreuliche Möglichkeiten für den Schulalltag. Schüler können gut mit multimedialen, non-linearen Lernmethoden umgehen, wobei das Geschlecht offenbar keine Auswirkungen hat. Zumindest am Gymnasium zeigt sich keine Benachteiligung einzelner Schülergruppen, da ein regelmäßiger Informatikunterricht ab der 5.Klasse für alle Teilnehmer einen ähnlichen Erfahrungsreichtum mit dem Computer sichert.

Die Ergebnisse der Teilstudie (A) zeigen, dass computerunterstütztes Lernen spielerisch erfolgreich möglich ist. Integriert in ein angemessenes Unterrichtskonzept, beispielsweise als Freiarbeit zur Konsolidierung nach lehrerzentriertem (Vor-)Unterricht, sorgt es für langfristigen kognitiven Lernerfolg. Darüber hinaus weckt es auch Interesse am Thema. Ein weiterer Effekt: nebenbei werden notwendige Kompetenzen am Computer und bezüglich des autonomen Lernens spielerisch geübt.

Diese Arbeit ist, wie in Teilarbeit (B) festgestellt, auch mit einem Buch gut durchführbar, und kann auch hier kognitiv wie auch motivierend ein Erfolg sein. Allerdings

werden v. a. Jungen mit dem multimedial präsentierten Text besser motiviert. Grundsätzlich wichtig ist bei jeder Freiarbeit eine Begleitung durch einen „Tutor“, der zwar nicht weiter in den Lernprozess eingreift, sondern den Schülern die Eigenständigkeit lässt. Hingegen wirkt völlig passives „Aufsichtspersonal“, statt eines Lehrers, demotivierend und lernhemmend. Eine gute Möglichkeit der Freiarbeit mit Lehrer-Begleitung ist eine gemeinsame Rekapitulation in einem Plenum zur Sammlung des neu erworbenen Wissens.

Auch mit einer Computer-losen Form mit Papier und Bleistift lässt sich multimedial und non-linear erfolgreich lernen: mit dem CM. Die Technik zu lernen scheint Schülern der 6.Klasse erfreulich leicht fallen, was mit einem Werkzeug wie der Liste der Fehlertypen, wie sie in Teilarbeit C entstanden ist, erleichtert wird. Technische Fehler können damit direkt angesprochen und veranschaulicht werden. Die Ergebnisse der Teilarbeit C und D zeigen: sind solche technischen Fehler erst einmal vermieden, so kann der Lehrer an den Fehlern in den von den Schülern selbstkonstruierten CMs spezifische Wissenslücken seiner Schüler erkennen. Damit hat er mit dem CM ein effektives Arbeitsmittel zur Hand, die Konzepte seiner Schüler zu verstehen, was mit traditionellen Wissenstests so nicht möglich ist. Des Weiteren kann der Lehrer mit dem CM leicht im Sinne des Konstruktivismus unterrichten: durch die fortgesetzte Arbeit mit ihren eigenen CM können die Schüler an ihre eigenen, vorhandenen Konzepten anknüpfen. So werden dem Lerner Konflikte ihrer Konzepte mit dem Neugelerten bewusst, und ein aktiver Konzeptwechsel kann stattfinden. Wissen, das so erworben wurde, ist stabil – und verstanden!

Zusammenfassend kann ich aus den Ergebnissen meiner Arbeiten ableiten, dass das Multimediale Lernen die Vorteile der Selbstständigkeit und des vernetzten Denkens bietet. Die Schüler können den Computer auch als Lernmittel gut handhaben. In Bereichen, in denen es die einzige Möglichkeit zum Lehren war, beispielsweise im australischen Outback, lernen Kinder schon seit Jahren erfolgreich im selbstorganisierten Fernunterricht via Computer. Doch auch hier haben sie Eltern als Tutoren und Lehrer als Ansprechpartner zur Anleitung und Motivation! Eigenverantwortliches Lernen muss gelernt werden (Lord, 2001).

Bindet man multimediale Lernmethoden in den Unterricht ein, durchbricht man eine triste Routine und weckt damit die Aufmerksamkeit seiner Schüler. Mehr als das pure kognitive Lernen liegt hierbei vielleicht der Fokus auf soziale Kompetenzen wie Teamwork, Selbstverantwortung und selbstkontrolliertem Lernen. Die schülerzentrierten Lernmethoden, wie am Computer oder mit dem CM, üben Eigenverantwortung und fördern das Kompetenzgefühl des Schülers. Sie haben das Gefühl von Eigenmacht, was vielleicht gerade in einer „No-Future-Generation“, die sich vor mangelnden Berufschancen fürchten, positive Auswirkungen haben wird (Leary und Baumeister, 2000; Ryan und Deci, 2000).

Aber auch das kognitive Lernen profitiert von schülerzentrierten Unterrichtsformen, die ein tieferes Verständnis über das behandelte Themengebiet vermitteln können (Christianson und Fisher, 1999). Denn je mehr im Unterricht der Fokus auf die Zusammenhänge der Dinge gelegt wird, desto komplexere CM können die Schüler kreieren (Wadouh, 2006) – ein Hinweis auf tiefes Verständnis der Materie und vernetztes Denken. Der Lehrer muss dafür sein Selbstverständnis vom Dozenten zum Tutor wandeln, was große Flexibilität verlangt. Wenn er auch mitunter den Unterricht sorgfältiger vorbereiten muss, so profitiert der Lehrer in der Klasse dann dadurch, dass er im Vergleich zu lehrerzentriertem Unterricht weniger streng präsent sein muss und mehr Zeit für individuelle Unterstützung der Schüler hat. Alternierend mit Phasen der lehrerzentrierten Wissensvermittlung, quasi Vorlesungen in der Schule, dienen solche schülerzentrierte Methoden beispielsweise als Festigungsphasen (Killermann et al., 2005). Die Studie zeigt, dass Lernen eben ein individueller aktiver Akt ist und es entsprechend keine Unterrichtsform gibt, die alle Lerner gleichermaßen wie auch immer begeistern vermag. Diese Begeisterung ist aber ein wichtiger Faktor des Lernerfolgs (Black und Deci, 2000).

Das multimedial unterstützte Lernen kann nicht die eine, alles lösende Lehrmethode für alle Lehrer- und Lerner-Typen sein, aber eine Variabilität der Methoden fördert einen offenen Geist und vernetztes Denken. Dabei soll die Abwechslung nicht eine gewisse Sicherheit bietende Routine verdrängen. Vielmehr sollen die Chancen eines flankierenden und situativ sinnvollen Einsatzes von Multimedia Lehrer wie Schüler begeistern und zudem Lernerfolge fördern. Die Ergebnisse dieser Arbeit können Lehrern motivieren, schülerzentrierte multimediale Methoden auszuprobieren, um die Form zu finden, die am besten zum eigenen Lehrstil und Lehrstoff passen und der gesamten Bandbreite der Lehrziele an der Schule gerecht werden.

3.3.6 Ausblick: Folgerungen für weitere Forschung

Die Ergebnisse der Studien präsentieren das Multimedialernen vor allem als Möglichkeit des selbstregulierten Lernens. Deshalb scheinen für nachfolgende Studien konstruktivistische Ansätze bei der Entwicklung des Unterrichtsdesign vielversprechend und dem Potential der Lernmethode gerecht werdend (Mandl, Gruber und Renkl, 2002). Vielversprechend dabei ist die Untersuchung des Zusammenhangs von vernetztem Wissen und Art des schülerzentrierten Lernens (Christianson und Fisher, 1999). Für weitere Forschung ergeben sich aus dieser Arbeit Schwerpunkte, die ich im Folgenden kurz beschreiben möchte.

In der Studie zeigen sich einige Probleme, die sich mit der Theorie der Kognitiven Belastung erklären lassen. Da in diesem Rahmen noch keine Testinstrumente benutzt wurden, bleibt dies jedoch spekulativ. Bislang wurde die kognitive Belastung in umfangreichen und umständlichen Fragebögen während des Unterrichts als

Gesamtbelastung gemessen. Diese sind sehr aufwendig und könnten dadurch an sich eine Belastung für den Lerner darzustellen. Vor allem eine Messung und Abgrenzung der lernprozessbezogenen (germane cognitive load) von der lernumgebungsbezogenen kognitiven Belastung (extraneous cognitive load) ist bislang nicht möglich (Kirschner, 2002; Kramer, 2005). In einer weiteren Studie über multimedial unterstützter Freiarbeit wäre die Messung der Belastung durch einzelne Komponenten wie Lernumgebung, Lerngegenstand und Lehrmethode mit einem praktikablen Testinstrument interessant.

Beim CM ist die Beschriftung der Verbindungen zwischen zwei Konzepten nicht trivial. Es bedarf sprachlichen Geschicks, diese effizient und sinnvoll zu tun. Die Verbalisierungsfähigkeit des Konstrukteurs einer CM kann dabei ein limitierender Faktor sein (Hilbert und Renkl, 2008). Diese bei der Beurteilung einer CM zu beachten. Andererseits wäre ein positiver Einfluss des CMs auf die Entwicklung der Verbalisierungsfähigkeit denkbar, was ebenso ein interessantes Themen für künftige Projekte wäre. Ein weiterer interessanter Ansatz könnte die „Methode des Lauten Denkens“ (z.B. Ericsson und Simon, 1993) sein, bei welcher der Proband laut von seinen Gedankengängen während der Erstellung seiner CM berichtet. Diese Methode bedarf gewiss per se eine Verbalisierungsfähigkeit, könnte aber gerade jüngeren Schülern bei Problemen der schriftlichen Beschreibung helfen. Sicherlich gibt es informative Einblicke in das Verständnis der CM-Technik.

Des Weiteren wäre eine Untersuchung des Einflusses des Geschlechts des Lehrers auf Lernemotionen, v. a. dem Interesse am Fach, und dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler interessant. Womöglich sind die ausschließlichen Effekte auf Mädchen in Teilarbeit B ein Resultat der weiblichen Unterrichtsbegleitung und der von einer Frau gestalteten Lernsoftware. Gerade für den Schulalltag mit zunehmend weiblicher Lehrerschaft wäre es wichtig, solche Effekte zu verstehen, um eventuell bei neuer geschlechtsspezifischer Benachteiligung adäquat handeln zukönnen. Weitere Studien sind nötig, um diesen bislang unbeachteten Aspekt zu untersuchen.

4 Literaturverzeichnis der Zusammenfassung

- Astleitner, H. & Leutner, D. (1995). Learning strategies for unstructured hypermedia - a framework for theory, research, and practice. *Journal of Educational Computing Research*, 13, 387 – 400.
- Ausubel, D. P. (1964). Some psychological and educational limitations of learning by discovery. *The Arithmetic Teacher*, 11, 290–302.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Baddeley, A. (1992). Working Memory. *Science*, 255, 556-559.
- Bauer, R. (2003). *Offenes Arbeiten in der Sekundarstufe I*. Berlin: Cornelsen.
- Bergman, W. (2000). *Computer machen Kinder schlau*. München: Beust.
- Bildungspakt Bayern "I lern" URL: <http://www.bildungspakt-bayern.de/projekte/i-lern/> (7.11.2011)
- Black, A. E. & Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: a self-determination theory perspective. *Science Education*, 84, 740-756.
- Brünken, R. (1998). *Automatische Rekonstruktion von Inhaltsbeziehungen zwischen Dokumenten*. Aachen: Shaker.
- Brünken, R., Plass, J., & Leutner, D. (2004). How instruction guides attention in multimedia learning. In H. Niegemann, D. Leutner, & R. Brünken (Hrsg.) *Instructional design for multimedia learning: Proceedings of the 5th international workshop of SIG 6 Instructional Design of the European Association for Research on Learning and Instruction (EARLI)* (113-125) Münster: Waxmann.
- Bundesamt für Statistik (2005). *Hochschulstandort Deutschland 2005*. Presseerklärung, Dezember 2005;
http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pk/2005/Hochschulstandort/Pressebrochure_Hochschul2005_property=file.pdf (7.11.2011)
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8 (4), 293-332.
- Christianson, R. G. & Fisher, K. M. (1999). Comparison of student learning about diffusion and osmosis in constructivist and traditional classrooms. *International Journal of Science Education*, 21, 687-698.

- Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2003). E-learning and the science of instruction. Proven guidelines for con-sumers and designers of multimedia learning. San Francisco: Jossey-Bass/Pfeiffer.
- Conklin, J. (1987). Hypertext: An Introduction and Survey. *Computer*, 20 (9), 17–41.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic motivation and self-determination in human behavior. New York: Plenum.
- Deci, E. L., Schwartz, A. J., Sheinman, L., & Ryan, R. M. (1981). An instrument to assess adults' orientations toward control versus autonomy with children: Reflections on intrinsic motivation and perceived competence. *Journal of Educational Psychology*, 73 (5), 642-650.
- Dillon, A., & Gabbard, R. (1998). Hypermedia as an Educational Technology: A Review of the Quantitative Research Literature on Learner Comprehension, Control, and Style. *Review of Educational Research*, 68 (3), 333-349.
- Dillon, A., & Jobst, J. (2005). Multimedia Learning with Hypermedia. In R. E. Mayer (Hrsg.) *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (569-588). New York: Cambridge University Press.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 905-923.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). Protocol analysis. Verbal reports as data. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Fabos, B. (2001). Media in the classroom: An alternative history. Proceedings of the American Educators Research Association. Seattle, WA.
- Gerstner, S. & Bogner, F. X. (2009). The impact of preceding instruction type and gender on concept map structure and learning success: Is concept map structure an indicator for students' learning success? *Educational Research*, eingereicht.
- Gould, S. J (Übersetzung: Vogel, S.) (2005). Die Lügensteine von Marrakesch. („The Lying Stones of Marrakech“).Frankfurt: Fischer (Tb.).
- Goldmann, S. R. (2003). Learning in complex domains: when and why do multiple representations help? *Learning and Instruction*, 13 (2), 239-244.
- Hentig, H. v. (1993). Schule neu denken: Eine Übung in praktischer Vernunft. München, Wien: Beltz.
- Hilbert, T. S. & 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.
- HIWEL Hole-in-the-Wall Education Ltd URL: <http://www.hole-in-the-wall.com> (7.11.2011)

- Killermann, W., Hiering, P., & Starosta, B. (2005). *Biologieunterricht heute*. 11. Aufl., Donauwörth: Auer Verlag.
- Kinchin, I. M., Hay, D. B., & 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.
- Kirschner, P. A. (2002). Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, 12, 1-10.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clarc, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41 (2), 75–86.
- Kirsh, D. (1997). Interactivity and multimedia interfaces. *Instructional Science*, 25 (2), 79-96.
- Kramer, B. (2005). *Mentale Integration von Text und Bild beim Lernen mit Multimedia am Beispiel der olfaktorischen Signaltransduktion*. Dissertation: Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät. Kiel: Christian Albrechts Universität Kiel.
- Leary, M. R., & Baumeister, R. F. (2000). The nature and function of self-esteem: Sociometer theory. *Advances in experimental social psychology*, (32), 1-62.
- Leutner, D. (1997). Psychological aspects of information retrieval and learning in hypermedia environments. In D. Feldmann, F-W. Neumann & T. Romel (Hrsg.), *Anglistik im Internet Proceedings of the 1996 Erfurt Conference on Computing in the Humanities* (pp.31-45). Heidelberg: Universitätsverlag C. Winter.
- Lord, T. R. (1997). A comparison between traditional and constructivist teaching in college biology. *Innovative Higher Education*, 21, 197-216.
- Lord, T. R. (2001). 101 reasons for using cooperative learning in biology teaching. *The American Biology Teacher*, 63, 30-38.
- Lowe, R. K. (1993). Constructing a mental representation from an abstract technical diagram. *Learning and Instruction*, 3 (3), 157-179.
- Mandl, H., Gruber, H., & Renkl, A. (2002). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In I. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia* (3.Auflage, 139-148). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Mayer R. E., & Massa L. J. (2003). Three Facets of Visual and Verbal Learners: Cognitive Ability, Cognitive Style, and Learning Preference. *Journal of Educational Psychology*, 95, 833–846.
- Mayer R. E., & Moreno R (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38, 43–52.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The

- case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59, 14–19.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32(1), 1 – 19.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: University Press.
- Mellanby, A. R., Rees, J. B., & Tripp, J. H. (2000). Peer-led and adult-led school health education: a critical review of available comparative research. *Health Education Research*, 15(5), 533-545.
- Mitra, S., & Rana, V. (2001). Children and the Internet: Experiments with minimally invasive education in India. *The British Journal of Educational Technology*, 32 (2), 221-232.
- Novak, J. D., Gowin B. G., & Johansen, T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67, 625-645.
- 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, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nückles, M., Gurlitt, J., Pabst, T., & Renkl, A. (2004). *Mind Maps und Concept Maps, Visualisieren – Organisieren – Kommunizieren*. München: dtv.
- OIKOS Projekt URL: <http://www.e-oikos.net> (7.11.2011)
- Paas, F. G. W. C., & van Merriënboer, J. J. G. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem solving skills: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86, 122-133.
- Paas, F. G., van Merriënboer, J., & Adams, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 419-430.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York Holt, Rinehart & Winston.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: a dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
- Passig, D., & Levin, H. (2000). Gender preferences for multimedia interfaces. *Journal of Computer assisted Learning*, 16, 64-71.
- Pearsall, N. R., Skipper, J. E. J., & Mintzes, J. J. (1997). Knowledge restructuring in the life sciences: a longitudinal study of conceptual change in biology. *Science Education*, 81, 193-215.
- Rasmussen, K., & Davidson-Shivers, G. (1998). Hypermedia and learning styles: Can performance be influenced? *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 7 (4), 291-308.

- Rattanapian, V. & Gibbs, W. J. (1995). Computerized drill and practice: design options and learner characteristics. *International Journal of Instructional Media*, 22 (1), 59–77.
- Russel, T. (1993). Learning to teach science: constructivism, reflection, and learning from experience. In K.Tobin (Hrsg.) *The Practice of Constructivism in Science Education* (247-258). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55, 68-78.
- Salomon, G (1984). Television is 'easy' and print is 'tough': The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions. *Journal of Educational Psychology*, 76 (4), 647-658.
- Schaal, S. (2006). *Fachintegratives Lernen mit digitalen Medien*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Schaal, S., & Bogner, F. X. (2005). Human visual perception – learning at working stations. *Journal of Biological Education*, 40 (1), 28-39.
- Scharfenberg, F.-J., Bogner, F.-X., & Klautke, S. (2007). Learning in a gene technology lab with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35(1), 28-39.
- Schnotz, W. (1997). Wissenserwerb mit Diagrammen und Texten. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.); *Information und Lernen mit Multimedia* (2.Auflage, 85-105). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Schreiber, D. A., & Abegg, G. L. (1991). Scoring Student-Generated Concept Maps in Introductory. College Chemistry. In.
- Slotte, V. & Lonka, K. (1999). Spontaneous concept Maps aiding the understanding of scientific concepts. *International Journal of Science Education*, 21 (5), 515-531.
- Smith, E. P. (2002). BACI design. *Encyclopedia of Environmetrics*, 1, 141–148.
- Stoller, R. J. (1968). *Sex and Gender: On the Development of Masculinity and Femininity*, New York City: Science House.
- Strike, K. & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Hrsg.) *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (147-176). Albany: State University of New York Press.
- Sweller, J. (2006). How the human cognitive system deals with complexity. In: J. Elen, & R. Clark,(Hrsg.), *Handling complexity in learning environments: Theory and research*. Amsterdam, Netherlands, Elsevier.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.

- Tarmizi, R. A. & Sweller, J. (1988) Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*. 80(4), 424-436
- Teh, G. P. L., & Fraser, Barry J. (1995). Gender Differences in Achievement and Attitudes Among Students Using Computer-Assisted Instruction. *International Journal of Instructional Media*, 22 (2), 111-140.
- Vester, F. (1999). *Die Kunst vernetzt zu denken - Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität* (1. Auflage). München: dtv
- Wadouh, J. (2006). *Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Biologieunterricht. Zwischenbericht des Graduiertenkollegs nwu-essen: Universität Duisburg-Essen.*
- Wodtke, M. v. (1993). Thinking skills for the electronic information age: applying mental capacity. In C. C. Kuhlthau, E. Goodin, & M. J. McNally (Eds) *School library media annual* (pp.54-62). University of Michigan: Libraries Unlimited, Inc.

5 Publikationsliste

A Conradty & Bogner

Computer-aided Learning: unguided vs. guided instruction

Advanced Science Letter, Volume 5, Issue 1

in press, December 2011

B Conradty & Bogner

Computer vs. Textbook: Effects on Motivation and Gain in Knowledge

Educational Research

submitted 2011

C Conradty & Bogner

Implementation of concept mapping to novices: reasons of errors, a matter of technique or content?

Educational Studies, Volume 36, Issue 1 February 2010 , pages 47 - 58

D Conradty & Bogner

Knowledge presented in Concept Maps: Correlations with conventional cognitive knowledge tests

Educational Studies, Volume 38, Issue 2

in press, 2011

6 Darstellung des Eigenanteils

Im Folgenden wird der Eigenanteil für die Teilarbeiten A-D insgesamt dargestellt.

Die Unterrichtsmodule „Ökosystem See“ und „Soziale Insekten: die Honigbiene“ von mir geplant und entwickelt. Die Computer gestützten Lernseiten „Die Kaulquappe“ und „Soziale Insekten: die Honigbiene“ wurden von mir in HTML programmiert. das dazugehörige Informationsheft „Soziale Insekten: die Honigbiene“ und die begleitenden Arbeitshefte zu den beiden Unterrichtseinheiten wurden von mir konzipiert.

Der Wissenstest, basierend auf den Lernzielen der eingesetzten Module, wurde von mir entwickelt und validiert. Die Skalen der empirischen Tests wurden von mir den Altersgruppen entsprechend modifiziert.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte ausschließlich von mir. Alle vier Teilarbeiten wurden von mir eigenständig entworfen und mehreren Revisionen unterzogen. Die empirische Datenerhebung und deren umfangreichen Analysen lagen in meiner Verantwortung.

Im Rahmen der Studien führte ich je eine Lehrerfortbildung zum Thema „Computer gestützter Unterricht“ und „Honigbienen im Natur & Technik Unterricht“ durch.

7 Teilarbeiten

7.1 Teilarbeit A

A **Conradty** & Bogner

Computer-aided Learning: unguided vs. guided instruction

Advanced Science Letter, Volume 5, Issue 1

in press, December 2011



Computer-Aided Learning: Unguided versus Guided Instruction

Catherine Conradty and Franz X. Bogner*

University of Bayreuth, Centre of Math and Science Education (Z-MNU), NW-1, D-95447 Bayreuth, Germany

Computer-aided multimedia learning provides learners with opportunities to individualize their own learning according to their own learning pace and needs, while at the same time it may cause cognitive overload for low achievers. Within the context of a computer-aided multimedia Biology lesson, the current study examined the effects of guided and unguided instruction on cognitive achievement and intrinsic motivation. Gender was taken into account and prior knowledge as a potential indicator of intrinsic load. The results showed that guided instruction had an effect on students reporting less tension and better perceived competence in successfully managing the learning task, as well as maintaining boys' interest in the learning task even though no better learning occurred. Decrease rates of newly acquired knowledge were significantly lower with an unguided instruction compared to a guided learning, irrespective of students' level of prior knowledge or gender.

Keywords:

1. INTRODUCTION

1.1. Learning with Multimedia-Aided Learning Environments—Benefits and Disadvantages

Many topics in Biology lessons deal with complex systems in both, the spatial or temporal dimension, and for this reason they cannot easily be taught using only verbal explanations or two-dimensional illustrations. Some subjects are too small to observe (e.g., cellular processes), others are too fast or long-termed (e.g., chemical reaction or seasonal processes), too abstract (carbon cycle) or multi-faceted (dynamics of food webs). Multimedia aids, such as films or animated simulations, may be useful tools in such lessons. Nowadays, multimedia aid is often a computer-based integration of 'text, graphics, animation, video, imaging, and spatial modelling.'⁴⁹ The internet is a typical example of such a multimedia module with non-linear and non-sequential arrangement and display information (the so-called 'hypermedia' or 'hypertext'). A hypertext is understood as a multi-linear organisation of objects in a net-structure, generated by connections of the contents of knowledge (named 'knots') with logical links.¹⁰ A node may consist of text, graphics, photographic images, animations, sound, and audio or video-sequences. Instead of reading about the theory of some subject, students can actually see a process through animated simulations. Abstract theories become meaningful for students because they may visualize a normally not observable process.

The introduction of computer-aided learning environments is generally thought to lead to a learning revolution¹⁷ offering new

ways of learning, new instructional approaches and even new competences. Hypermedia learning provides an opportunity of multimedial and multicodal information to appeal to learners of various learning styles.^{15,34} The dynamic of hypertexts provides an opportunity of self-regulated learning according the individual interests of the learner. For example, children at Indian villages learned computer handling and required skills (e.g., language or ability of self-regulation) just by playing with a computer.²³ Thus, hypertext can be a constructivist learning environment providing a suitable learning setting deliberately supporting students in constructing knowledge.

The computer is considered to be an innovative 'new medium' for classroom learning. It is deemed to substantially increase, for instance, motivation scores or provide additional cognitive learning effects. Students seem to rate a computer as a new motivating tool and that is why computers are considered to promote cognitive learning.¹⁸

However, several problems could interfere with students' learning success. A 'toy' computer may simply lead a trivialisation of the subject matter.³⁷ Students consider conventional print media as learning tool as difficult to handle. This generally demands close attention. By contrast, audio and video approaches are more likely to be considered as media for relaxation instead of school work. This may reduce attention and consequently reduce cognitive learning achievements. Furthermore, computer-aided learning success may be suppressed by gender-specific characteristics (e.g., Ref. [32]) or by insufficient experience with computer causing cognitive load problems.⁴⁴ Since the beginnings of hypertexts, the threat to get "lost in hyperspace,"¹⁰ is well discussed, but became even more complex with the web 2.0.

* Author to whom correspondence should be addressed.

Computer-aided learning environments are differently discussed: For some it is the evil ('everything one tries to achieve educationally, one achieves better without computers'²¹), for others the solution ('computers make children smarter'⁵). Of course, each medium needs an appropriate instructional design for an effective learning. Several aspects, such as complexities of computer-aided learning environments may interfere with an individual learning success and maybe overstrain a student's cognitive and concentration capacity.^{9,19,25}

Students may not find relevant information in a hypermedia environment because of its non-linear structure.² For that reason, a well-structured hypertext design may help to prevent a 'lost in space' situation.¹⁰ However, the linearity of conventional approaches very likely supports a linear thinking that may hide complex relationships and prevent a cross-linked thinking. An important step towards a good instructional design, therefore, may provide the understanding of the principles of multimedia design,²⁹ e.g., focussing on the phenomenon of attention split^{29,39} which might substantially contribute to cognitive load.⁴⁵ Additionally, the modality of information seems to affect the limited working memory capacity and consequently learning success.^{3,33}

Multimedia learning is a promising instructional method in supporting a deeper comprehension of complex and dynamic concepts, of which natural science lessons usually are full of. Multimedia, especially in the form of computer-aided instruction, gives an opportunity to attract students with diverse learning styles with its combination of written or spoken text or with graphics that with the help of movies or simulations can even illustrate the fourth dimension of time. This is especially helpful for an understanding of dynamic processes which especially within the field of ecology exists. Furthermore, the interactivity of computer-aided learning software offers the advantages of hands-on learning environments. To sum up, diverse causes may prevent learning within a multimedia learning environment, which partially may explain the heterogeneity of study outcomes in the field, not even to mention the variety of factors involved, e.g., diverse media, manuals, learners (e.g., age group).⁸

1.2. Effect of Teachers' Guidance Style: Tutoring versus Individualized Learning

Multimedia learning systems are often used as 'stand alone manuals' for individualized knowledge acquisition. This might enhance autonomy, a feeling of competence and interest levels as students work self-directed and autonomously, often in small groups (comparable to workstation environments).⁴ A teacher's role needs to shift from an 'instructor' to a 'tutor' of a learning process.³⁸ According to the self-determination theory (e.g., Refs. [12, 20, 48]), any motivational enhancement is depending on three psychological needs: autonomous support, perceived competence and social relatedness. The order of presentation of a subject matter and the engagement's duration specifically coping a learner's interest may provide even additional support for those Refs. [22, 38]. Within this context, a computer-aided lesson is an open learning environment with material-centred open learning approach generally regarded as highly student-oriented.⁴ Thus, computer-aided learning very likely may enhance motivation and in consequence learning success.

Controversial discussions about the impact of instructional guidance have been ongoing for about half a century (e.g., Refs. [1, 24, 30]). Any individual learning and learning with

hypertext in general, may demand a high amount of self-regulation competence from a learner.⁴⁰ It needs again pointed out that any competence acquisition is an often discussed benefit of multimedia learning environment. When this competence is not evolved sufficiently, a learning process may fail.

In our hypotheses any guidance during an individualized learning will promote interest and lead to better learning achievement levels compared to an unguided instruction (hypothesis I), and interest may strongly correlate with learning success (hypothesis II).

1.3. Effect of Prior Knowledge

Both, complex contents and instructional designs, demand a learner's cognitive capacity:⁴⁴ described in their theory of cognitive load the effect of a limited working memory capacity on the process of information by assuming three cognitive load sub-components:

- (i) an intrinsic load caused by content complexity,
- (ii) extraneous load caused by instructional mode, e.g., computer-aided multimedia learning, and
- (iii) germane load necessary for individually processing information towards long-term memory.

As all three components are presumed to be additive,⁴³ an increase in one component (i) and/or (ii) without a decrease in an other may individually cause cognitive overload. Available capacities for (iii) germane load would be reduced and a balance of all components reached consequently leading to a successive learning result.

Content complexity is a subjective factor, dependent on a learner's prior knowledge. The more a learner already knows about a specific subject, the easier is any adding of new knowledge.¹ Applied to the cognitive load theory,

- (i) intrinsic load is dependent on the learners' individual prior knowledge and
- (ii) computer-aided lessons interact with an individual extraneous load. Learners with prior knowledge may easier construct stable mental models embedded in existent knowledge.²⁸

Consequently, learners with high prior knowledge are expected to already own more long-term knowledge. Therefore, the third hypothesis of our current study focused on high prior knowledge students who are supposed to learn better than students with low prior knowledge. However, students with low prior knowledge may better benefit from guided instruction.

1.4. Gender

Studies of gender effects in hypermedia instruction have provided inconsistent results, by reporting no differences at all⁴⁶ until substantial differences with regard to interest in computers.³⁵ This may simply reflect an age effect: For instance, children monitored within the project 'Hole-in-the-Wall Education'²³ learned to handle computer together with additional skills, e.g., language. Adolescents and adults seem to have a natural timidity towards learning by 'try and error' with an unknown technique.³¹ Previous studies have shown that educational software motivates girls less than boys,³² a result that might be explained by the software being designed by males. In the 1990ies, studies in Germany described boys as more experienced with computers than girls^{14,26} by concluding a higher competence for boys. Consequently, this outcome may contribute to our fourth hypothesis

describing girls as less motivated and thus as less affected by computer-aided learning. Consequently, girls may learn less than boys in the context of computer-aided instruction.

1.5. Research Hypotheses

On the basis of the literature that has been reviewed, in this study we hypothesized that guidance during individualized learning will promote interest and lead to higher achievement compared to unguided instruction (hypothesis I), and that interest will correlate strongly with learning success (hypothesis II). A hypothesis III is that students with high prior knowledge will learn more than students with low pre-knowledge. However, students with low prior knowledge may better benefit from guided instruction. Lastly, in our hypothesis IV, girls will be less motivated to learn with computer-aided instruction, and that computer-aided instruction will negatively affect their learning.

2. METHODOLOGY

In this study, we assumed a quasi-experimental research design. Specifically, we used a before-after-control-impact design (BACI).⁴¹ We measured cognitive knowledge before and after the treatment. To evaluate whether the effect was due to the treatment we included a treatment group with impact, and control groups with antithetic impact and with no impact respectively.

Teaching strategy was the independent variable. Specifically, (1) Computer-aided individualized learning with guidance (GUIDED) ($n = 126$); (2) Computer-aided individualized learning without guidance (UNGUIDED) ($n = 102$); and (3) a control group ($n = 57$).

The computer-aided lesson unit consisted of two 'aquatic ecology' units consistent with the Bavarian syllabus for the selected age group. This module highlighted the following topics with particular attention to environmental protection contexts: the development of a polliwog to a frog with physical adaptation to different environments; food webs, and seasonal nutrition circle in the ecosystem lake. Both, the guided and the unguided treatment-groups were engaged in open learning whereas the unguided treatment group had free choice in using the learning software, and the guided followed a specific instruction within the software with no possibility to choose or to switch.

2.1. Participants and Procedures

We selected novice high-achieving 6th graders ($n = 228$) (highest stratification level; 'Gymnasium') from 11 classes to participate in the study. This cohort already had sufficient ICT-experience because informatics was part of their regular syllabus. The participants' mean age was 12.6 (SD = 0.08) years. The gender distribution was perfectly balanced (50% to 50%). Our quasi-experimental BACI design⁴¹ included a control group ($n = 57$) which received no instruction but completed all tests. A single teacher, unknown to all students, taught all lessons. After a 15 minute introduction phase, all students worked cooperatively in groups of two for about 45 minutes per topic. The group finding process was free of choice.

For the GUIDED instruction, each topic was introduced separately before students worked on their own in dyads. All units were taught subsequently. In practice, the individual working speed differed substantially. For this reason some students had

to wait and others were in a hurry. For the UNGUIDED instruction, an introduction about handling the computer was provided at the beginning of the lesson. After that, students started the computer-aided learning program on their own by switching units whenever desired. Teacher restricted their support to assist with technical problems. A workbook provided a guideline through the autonomous lesson. Every student completed the workbook autonomously.

2.2. Data Analysis

2.2.1. Knowledge Test

Prior knowledge and changes in the knowledge level were measured by means of a pre-test (K1) applied two weeks before lesson participation, a post-test (K2) immediately after the lesson and a retention-test (K3) after 6 weeks (Table I). The questionnaire covered the content of the lesson's objectives. Altogether 17 items in multiple-choice format with four possible response options one of which was the correct were administered (see example Table II). Thus, the probability of yielding a correct response by pure guessing was 0.25.

To guarantee content validity, we constructed the items according to the learning objectives of the lessons.³⁶ Item difficulties, defined as percentage of correct answers⁶ needed to range between 0.2 and 0.8, otherwise they were discarded. The Corrected Item-Total Correlation needed a score between +0.3 and +0.5⁶ ours were in the +0.2 – +0.5 range. Generally, knowledge tests are difficult to test for reliability although reliability coefficients less than 0.6 are used for differentiating groups.²⁷

Students had low pre-knowledge with 49.4% correct answers in the K1 (sum score $M = 8.397$ of 17) with a Cronbach's α of 0.60. The latter were higher within the post-test (K2 Cronbach's α of 0.75) as well as the retention-test (K3 Cronbach's α of 0.74). Due to a non-normal distribution (Shapiro-Wilk $p < 0.0001$), we applied non-parametric tests. Knowledge items were scored as correct (1 point) or incorrect (0 point) and further analysed as sum scores. Significance of learning success was calculated by using the Mann-Whitney-U-Test (MWU).

For a better understanding of the actual learning achievement observed, we calculated the differences K2-K1 (newly acquired knowledge), K3-K1 (consistently added knowledge) and K3-K2 (forgetting/drop rate).

- K2-K1 is the difference of post-test and pre-test. As the post test was immediately after the intervention, a positive result indicates increase in newly acquired knowledge.
- K3-K1 is the difference of retention-test and pre-test. As the retention-test is six weeks after the intervention, a positive result indicates increase in consistent knowledge.

Table I. Quasi experimental design^a of the study.

2 weeks before	Pre-test K1		GUIDED	UNGUIDED	CONTROL
	Computer aided instruction	Treatment prior knowledge			
Intervention		Low	61	39	31
		High	65	63	26
		N total	126	102	57
After the lesson	Post-test K2				
6 weeks after	Retention-test K3				

^aThis design implied a one-way multivariate analysis of variance with repeated measures which had to be rejected on the grounds of the non-normal distribution of variables.

Table II. Example for multiple choice questionnaires.

Question	Multiple choice distractors
How is the larva's transformation into the mature animal named?	Puberty Maturing Metamorphosis Metabolism

- K3-K2 is the difference of the post-test and the retention-test after six weeks. Normally it is negative, because in the learning process parts of newly acquired knowledge are to be forgotten. Thus, we call this difference drop rate or forgetting.

To estimate the hypothesized intrinsic load, we split the student sample into two subgroups: PRE LOW (with low prior knowledge) and PRE HIGH (with high prior knowledge). The limit was the median of the gain in knowledge in K1 (8.5 points of 17). To analyse the correlations of cognitive knowledge tests with intrinsic motivation we computed Spearman's Rho.

2.2.2. Intrinsic Motivation Inventory (IMI)

To evaluate the program's effects on a student's intrinsic motivation, we applied four subscales of the 'Intrinsic Motivation Inventory' (IMI):¹² Interest/Enjoyment (IMI INTEREST; 7 items; e.g., 'I enjoyed doing this activity very much.'). Perceived Competence (IMI COMPETENCE; 6 items; e.g., 'I think I am pretty good at this activity.'). Effort/Importance (IMI EFFORT, 5 items; e.g., 'I put a lot of effort into this.'). and Pressure/Tension (IMI TENSION, 5 items; e.g., 'I was very relaxed in doing this.'). The translated German version was taken from Ref. [38]). Students scored their rating on a Likert 5-point scale ranging from 1 (not true at all) to 5 (very true). We calculated average values between 1 and 5 for each subscale. The IMI in combination with the knowledge test was part of the post-test (K2). It was filled in immediately after the intervention (Table I).

3. RESULTS

3.1. Cognitive Achievement

There were no differences in prior knowledge between the treatment groups (Kruskal-Wallis Test $\chi^2 = 5.709$, $df = 2$, $p = 0.058$). All students learned in both treatment groups but not in the control (MWU K2: $Z = -10,035$, $p < 0.0001$; K3: $Z = -5,748$, $p < 0.0001$).

Students learning gains were obtained for both treatment groups. There is no significant difference between them in the post-test (K2), except in the retention-test (K3) (MWU K3 $Z = -2,402$, $p = 0.016$).

There was neither treatment nor gender effect in the differences K2-K1 (newly acquired knowledge) and K3-K1 (consistent knowledge). In the drop rate K3-K2 was treatment effect with a smaller decrease in knowledge in the unguided approach (MWU $Z = -2,236$, $p = 0.025$; Fig. 1).

The high scoring prior knowledge group (PRE HIGH) learned 'less' as they already had a level of knowledge. Thus, just the effect of the treatments on the low and high prior knowledge scores was regarded as pedagogical relevant (see discussion).

Low prior knowledge scorer (PRE LOW) forgot less in treatment UNGUIDED (MWU $Z = -2,561$, $p = 0.010$; Fig. 2). Students

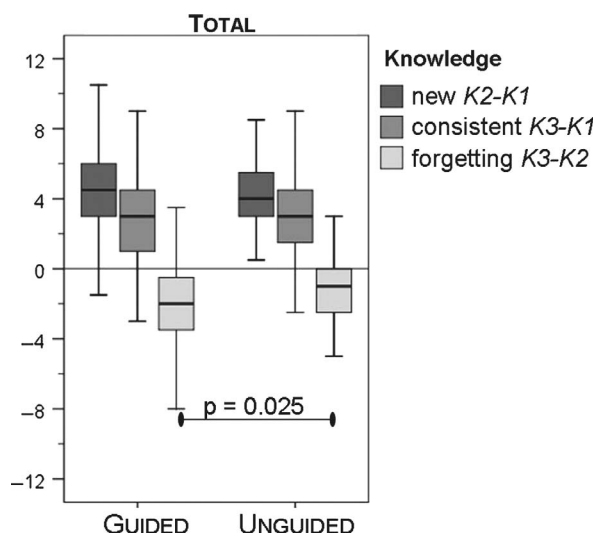


Fig. 1. Differences of knowledge tests (new, consistent knowledge and forgetting) with grouping variable treatment.

with high prior knowledge (PRE HIGH) were not affected by the treatments.

No gender effects at all were found, neither in the specific treatment groups nor in the total sample without treatments.

3.2. Intrinsic Motivation Inventory (IMI)

For the intrinsic motivation inventory we calculated average values between 1 and 5 for each subscale. For the subscales IMI COMPETENCE (mean = 3.5), IMI EFFORT (mean = 3.4) and IMI TENSION (mean = 1.9), no significant differences with regard to treatments or gender were found. Just for the IMI INTEREST score, a significant difference between boys and girls was found in the case of the UNGUIDED intervention (MWU $Z = -2,764$, $p = 0.006$; Fig. 3). The only significant effect of treatment we found was on boys' interest (MWU $Z = -2,743$, $p = 0.006$; Fig. 3). Girls did not seem to be effected by the treatment in any subscales.

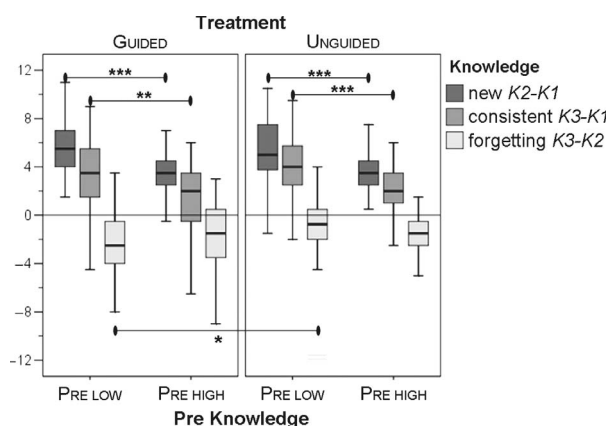


Fig. 2. differences of knowledge tests (new, consistent knowledge and forgetting) with grouping variable treatment and prior knowledge (***) $p < 0.001$; **) $p = 0.003$; *) $p = 0.01$.

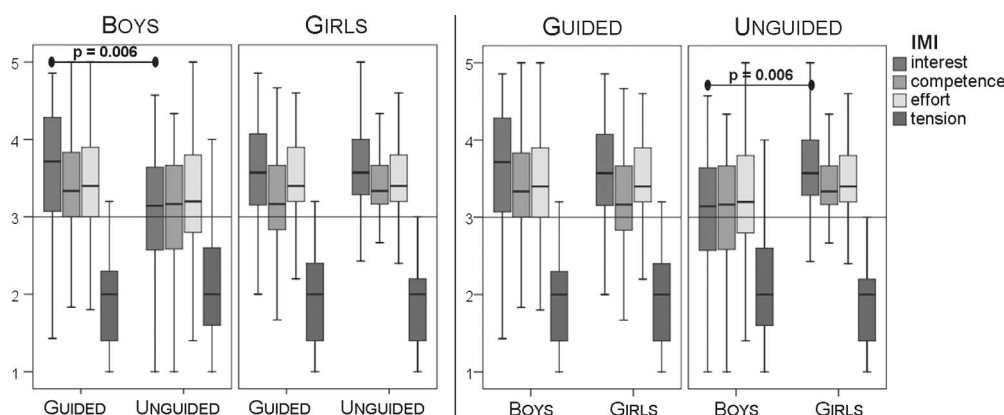


Fig. 3. Treatment effects on IMI with grouping variable gender and Gender effects on IMI with grouping variable treatment respectively.

3.3. Correlations of Knowledge with Intrinsic Motivation

Forgetting of PRE LOW students—but not of PRE HIGH students—correlated positively with instructional treatment ($\rho = 0.270$, $p = 0.007$) while PRE LOW students showed a smaller decrease when taught in the GUIDED instruction.

There are the following correlations of knowledge tests with IMI (cf. Table III):

- The boys' effort (IMI EFFORT) correlated strongly with post-test K2 ($\rho = 0.347$, $p = 0.000$) and retention-test K3 ($\rho = 0.279$, $p = 0.003$; Fig. 6). Girls showed no correlation, they seem to learn anyhow. This pattern is given throughout the study although weak in the total data (Fig. 6), the treatment group GUIDED and UNGUIDED. IMI EFFORT correlated with post-test K2 in both treatments (GUIDED $\rho = 0.242$, $p = 0.006$; UNGUIDED $\rho = 0.285$, $p = 0.004$). Furthermore, IMI EFFORT correlates strongly with learning success in K2 and K3 PRE LOW students (K2 $\rho = 0.380$, $p < 0.001$; K3 $\rho = 0.252$, $p = 0.011$; Fig. 6).
- The perceived competence correlated with post-test K2 in treatment UNGUIDED ($\rho = 0.223$, $p = 0.024$) but not with GUIDED ($p = 0.536$; Fig. 7).
- The reported tension has a negative correlation with retention-test K3 in treatment UNGUIDED ($\rho = -0.239$, $p = 0.007$), but not in GUIDED ($p = 0.285$; Fig. 8).
- All IMI subscales correlated very small with pre-test (IMI interest: $\rho = 0.145$, $p = 0.028$; IMI competence: $\rho = 0.167$,

$p = 0.011$; IMI effort: $\rho = 0.155$, $p = 0.019$; IMI tension: $\rho = -0.174$, $p = 0.008$). As there is no correlation of IMI with knowledge tests in the PRE LOW students group, this is an effect of PRE HIGH students. Their pre-tests correlated strongly with students' interest in the subject, perceived competence and the effort, but not with the perceived tension (IMI interest: $\rho = 0.261$, $p = 0.003$; IMI competence: $\rho = 0.373$, $p = 0.000$; IMI effort: $\rho = 0.275$, $\rho = 0.003$; IMI tension: $p = 0.647$).

4. DISCUSSION

The present study focussed on the effects of guidance during an individualized learning approach in a computer-aided multimedia lesson by taking into account gender. Prior knowledge was regarded as an indication for intrinsic load. Differences in cognitive achievement and the intrinsic motivation were specifically considered. An underestimation of the subject matter (Salomon 1984) was excluded by the workbook usage. Furthermore, students knew that the learning unit was part of the regular syllabus in the 6th grade. All students had sufficient pre-experience in computers because of the regular lessons in computer science according the regular syllabus and the learning software design based on the SOI model of the cognitive theory of multimedia learning (Mayer 2001). Thus, it is for taken granted that students were not overburdened with the instructional design just as

Table III. Spearman's correlation of knowledge tests with IMI.

Subgroup	Total			Boys		Girls		Guided		Unguided		Pre low			Pre high			
	K1	K2	K3	K2	K3	K2	K3	K2	K3	K2	K3	K1	K2	K3	K1	K2	K3	
IMI effort																		
rho	.155	.254	.183	.347	.279	—	—	.242	.166	.285	.216	—	.380	.252	.257	—	—	—
Sig	.019	.000	.006	.000	.003	—	—	.006	.063	.004	.029	—	.000	.011	.003	—	—	—
IMI competence																		
rho	.167	.207	.191	.283				.201	.223	.222	—	—	—	—	.373		.224	
Sig	.011	.002	.042	.002				—	.024	.024	.025	—	—	—	.000		.011	
IMI tension																		
rho	-.174	-.154	-.183	-.196	-.212			-.239	-.235	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sig	.008	.020	.006	.037	.024			.007	.018	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IMI interest																		
rho	.145			.219				—	—	—	—	—	—	—	.261			
Sig	.028			.019				—	—	—	—	—	—	—	.003			

Sig = 2 tailed significance.

cognitive overload was reduced to a large extent because long-term learning was high in both treatments. Furthermore, students reported high perceived competence.

4.1. Learning Achievements

Similar learning achievement scores of boys and girls indicate that both, the software and computer as well were handled adequately. This as a result contradicts¹⁶ who reported better learning achievement scores for boys while we found it for girls. These differences could be just a function of age:¹⁶ worked with 8th graders, whereas our chosen age-cohort of early adolescence may not yet have developed a gender-related behaviour.⁴²

The long-term learning achievement was better in the unguided learning environment, as, in a long-range, decrease rates were smaller in the UNGUIDED compared to GUIDED intervention, despite similar short-term learning scores. This is an effect of the PRE LOW students, whereas PRE HIGH students were not affected by the treatments, by learning similarly. Hence, both pre knowledge subgroups learned equivalent in UNGUIDED. Accordingly, unguided learning seems to be particularly suitable for students with low prior knowledge (Fig. 1).

In other words: in contrast to our expectations students with low prior knowledge learned better¹ with UNGUIDED without a teacher's assistance, although low prior knowledge supposed to cause higher intrinsic load and cognitive overload respectively.⁴³ This indicates that both treatments offered a similar support. While students with high prior knowledge were not suppressed by any treatment, students with low prior knowledge benefited significantly by our non-guided learning approach. Thus, the UNGUIDED approach presented itself as the preferred instructional mode when potential unprivileged students need specific support. However,² reported a negative effect on learning success of learners when high prior knowledge existed, if pictures for learning were used. This could be the reason why in our study the PRE HIGH subsample did not show a different intervention effect.

On the one hand, this described result threatens our hypothesis that a specific guiding may adequately help to prevent any cognitive load. It is not disputable whether students with low prior knowledge suffered from high intrinsic load or not. The cognitive load could have been low enough for a sufficient learning for both prior knowledge groups. On the other hand, the UNGUIDED approach seems to be an adequate method for students independently of their prior-knowledge scores: A knowledge once individually acquired seems consistent, especially for low achievers. However, the fact that in our study unguided learning led to better long term learning success still needs further investigation.

4.2. Intrinsic Motivation

In contrast to Ref. [4], an unguided learning approach did not promote individual interest scores at all. In fact, GUIDED seemed to promote an individual interest, but only boys' IMI INTEREST was affected. Scrutiny reveals GUIDED apparently did not promote, but UNGUIDED even reduced the boys' interest in the subject matter. There is no appreciable gender effect in cognitive learning achievements neither in the post- and retention-test nor in test differences. That is why there is no correlation of IMI interest and knowledge tests, although there are correlations of knowledge tests with IMI EFFORT, IMI COMPETENCE and IMI TENSION. Thus, the higher interest scores did not result in the higher cognitive achievements in contrast to the prevailing

opinion and common results in diverse studies (e.g., Ref. [38]). This may reason in learning inhibiting factors, namely extraneous load.⁴⁴

The negative correlation of IMI TENSION in the lesson on K3 indicates a suppressive effect of perceived tension on long-term learning. As this effect was found in GUIDED only, a guided learning approach seems to avoid the negative effect of perceived tension on learning success. This is with regard to cognitive learning in line with Ref. [4], although we could not find any positive effect of unguided learning on interest, as Refs. [4] and [38] did. Quite in line with Ref. [4] are our IMI COMPETENCE scores correlated with K2 in treatment UNGUIDED. This indicates that guidance may compensate students' perceived low competence and consequently avoid low learning achievement whereas students with high competence learn better than students with low competence in unguided learning environment. Accordingly students with low perceived competence benefit from guidance.

Our intervention affected just the boys' motivation, even though of no relevance for learning achievements. Consequential the learning success did not correlate with the interest in the subject matter. Especially boys' benefitted by the teacher's guidance: girls' interest in the subject matter and the learning success independently were equivalent in all treatment groups, but the boys' interest was significantly lower in unguided learning environment. With guidance boys were as interested as girls. However, an ongoing study by the authors correlates the girls' motivation with the teachers' guidance. Consequently, the whole issue seems complex with no simple solutions. The correlation of IMI effort and knowledge test indicates that boys and students with low prior knowledge need support to rate the subject important. Girls just as students with high prior knowledge learned anyhow, but boys' (and low prior knowledge participants) learning success is dependent on their perceived effort of the lesson. Probably the lack of contact with the teacher decreased observable interest even more than the computer supports it.

The already existing prior knowledge in the subject matter could maintain interest¹¹ as it is the case in our PRE HIGH group. The pre-tests in this group correlate strongly with IMI COMPETENCE, IMI INTEREST and IMI EFFORT. These results indicate that the more students already know about a subject, the more they are interested in the subject matter and consider it as important. Those students feel more competent. As regards the unguided learning with computers, it could be worthwhile to conduct beforehand a lesson about the specific topic and consolidate afterwards the acquired knowledge in a computer phase.

4.3. Gender Effects

Nevertheless, according to our results gender did not play a role in handling the software and the computer as well. This contradicts report¹⁶ where gender effects were described when learning in computer-aided learning lessons. This might reason in the age group involved, our may be too young that a gender-related behaviour was given.⁴²

Especially boys' benefitted by a teacher's guidance as girls' interest in the subject matter and independently learning success were equivalent in all treatment groups. The boys' interest was significant (extremely) low in our unguided learning environment. With a consistent guidance, boys were as interested (i.e., motivated) as girls were.

4.4. Conclusion

Both, guided and unguided learning environments, showed advantages: Students learned equivalent with both treatments independently from gender or prior knowledge. On the one hand, PRE LOW students benefitted of UNGUIDED with equivalent learning success of both prior knowledge groups. UNGUIDED seems to be an adequate learning method for students with no further attention of their state of prior knowledge about the subject matter. Furthermore, unguided learning may avoid the negative effect of students' perceived tension on learning success. On the other hand, boys' interest is reduced by unguided learning even though without effect on learning success. Tutoring seems to avoid this decline of boys' interest as the negative effect of students' low perceived competence on learning success. In our study based on these results with 8th graders we found that without a teacher's guidance cognitive achievements were reduced dramatically (in press). In the present study, with younger students we find the opposite result with better learning results in unguided learning without teacher contact. The IMI INTEREST dropped without teacher support in computer-aided learning environment.

Guided learning provided a better the long-term achievement effect while unguided learning was followed by a smaller long-term decrease. This is an effect of PRE LOW students that forgot less in UNGUIDED, so both prior knowledge subgroups gained equivalent long-term knowledge. Consequently, unguided learning seems to support especially students with low prior knowledge (Fig. 2). Large amounts of guidance may produce very good performance during practice, but too much guidance may impair later performance, e.g., coaching students about correct responses in mathematics may impair their ability to retrieve correct responses from memory on their own later.⁴⁷ Knowledge once acquired individually seems to be more consistent, especially for low achievers.

Unguided computer-aided learning might be an adequate consolidation environment after a teacher-centred knowledge acquisition. This way, levels of intrinsic motivation factors that are dependent on prior knowledge (interest, competence, effort) could be increased. Thus, high and low achievers are supported and both cognitive knowledge and soft skills, e.g., self-regulation competences could be developed.

References and Notes

1. D. P. Ausubel, *Arith. Teacher* 11, 290 (1968).
2. H. Astleitner and D. Leutner, *J. Educ. Comp. Res.* 13, 387 (1995).
3. A. Baddeley, *Science* 255, 556 (1992).
4. R. Bauer (ed.), *Offenes Arbeiten in der Sekundarstufe I*, Cornelsen Scriptor, Berlin (2003).
5. W. Bergmann, *Computer Machen Kinder Schlau was Kinder Beim Computerspielen Sehen und Fühlen, Denken und Lernen*, Beust, München (2000).
6. J. Bortz and N. Döring, *Forschungsmethoden und Evaluation*, 3rd edn., Springer-Verlag, Berlin (2001).
7. R. Brünken, *Automatische Rekonstruktion von Inhaltsbeziehungen Zwischen Dokumenten*, Shaker-Verlag, Aachen (1998).
8. R. Brünken and D. Leutner, *Neue Medien Als Gegenstand Empirischer Pädagogischer Analyse: Stand der Forschung und Perspektiven*, edited by D. Leutner and R. Brünken, *Neue Medien in Unterricht, Aus- und Weiterbildung, Aktuelle Ergebnisse Empirischer Pädagogischer Forschung*, Waxmann, Münster (2000), pp. 7–16.
9. R. Brünken, J. Plass, and D. Leutner, *Instructional Science* 32, 113 (2004).
10. J. Conklin, *IEEE Computer* 20/9, 17 (1987).
11. M. Csikszentmihalyi, *Human Behavior and the Science Center*, edited by P. G. Heltne and L. A. Marquardt, *Science Learning in the Informal Setting*, Acad. Sci., Chicago (1988), pp. 79–88.
12. E. L. Deci and M. Ryan, *Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und Ihre Bedeutung für die Pädagogik*, *Z. Päd.* 39/2, 223 (1993).
13. E. L. Deci, A. J. Schwartz, L. Sheinman, and R. M. Ryan, *J. Educ. Psych.* 73/5, 642 (1981).
14. M. Decker, *Kinder vor Dem Computer, Die Herausforderung von Pädagogen und Eltern durch Bildschirmspiele und Lernsoftware*, KoPäd Verlag, München (1999).
15. A. Dillon and R. Gabbard, *Rev. Educ. Res.* 68/3, 333 (1998).
16. A. Dillon and J. Jobst, *Multimedia Learning with Hypermedia*, edited by R. E. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, Cambridge University Press, New York (2005), pp. 569–588.
17. B. Fabos, *Media in the classroom: An alternative history*, *Proceedings of the American Educators Research Association*, Seattle, WA. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 454 850) (2001).
18. R. Girwidz, T. Robitzko, S. Schaal, and F. X. Bogner, *Sci. Educ. Intern.* 17/2, 77 (2006).
19. S. R. Goldmann, *Learning and Instruction* 13/2, 239 (2003).
20. W. S. Grolnick and R. M. Ryan, *J. Educ. Psych.* 81, 143 (1989).
21. H. Hentig, *Schule neu Denken: Eine Übung in Praktischer Vernunft*, Hanser, Beltz-Verlag, München (1993).
22. R. Hepp, *Unterricht Physik* 7/36, 37 (1996).
23. HIWEL Hole-in-the-Wall Education Ltd [online] www.hole-in-the-wall.com at April 28th 2011 (2011).
24. P. A. Kirschner, J. Sweller, and R. E. Clark, *Educ. Psych* 41/2, 75 (2006).
25. D. Kirsh, *Instr. Sci.* 25/2, 79 (1997).
26. B. Jansen-Schulz and C. Kastel, *Jungen arbeiten am Computer, Mädchen können Seil springen... Computerkompetenzen von Mädchen und Jungen—Forschung, Praxis und Perspektiven für die Grundschule*, Kopaed, München (2004).
27. G. A. Lienert and U. Raatz, *Testaufbau und Testanalyse*, 6th edn., Psychologie Verlagsunion, Weinheim (1998).
28. R. K. Loewe, *Learning and Instruction* 3/3, 157 (1993).
29. R. E. Mayer, *Multimedia Learning*, Cambridge University Press, Cambridge (2001).
30. R. Mayer, *Am. Psych.* 59, 14 (2004).
31. S. Mitra, and V. Rana, *Brit. J. Educ. Technol.* 32/2, 221 (2001).
32. D. Passig and H. Levin, *J. Comp. Ass. Learning* 16, 64 (2000).
33. J. Plass, D. Chun, R. Mayer, and D. Leutner, *J. Educ. Psych.* 90/1, 25 (1998).
34. K. Rasmussen and G. J. Davidson-Shivers, *J. Educ. Multimedia and Hypermedia* 7/4, 291 (1998).
35. V. Rattanapian and W. J. Gibbs, *Int. J. Instr. Media* 22/1, 59 (1995).
36. D. H. Rost, *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*, Beltz, Weinheim (2001).
37. G. Salomon, *J. Educ. Psych.* 76, 647 (1984).
38. S. Schaal and F. X. Bogner, *J. Biol. Educ.* 40/1, 28 (2005).
39. W. Schnotz, *Unterrichtswiss* 29/4, 292 (2001).
40. B. Schreiber, *Selbstreguliertes Lernen*, Waxmann, Münster (1998).
41. E. P. Smith, *BACI Design*, edited by A. H. El-Shaarawi and W. W. Piegorsch, *Encyclopedia of Environmetrics* (2002), Vol. 1, pp. 141–148.
42. R. Stoller, *Sex and Gender: On the Development of Masculinity and Femininity*, Science House, New York (1968).
43. J. Sweller, *How the Human Cognitive System Deals with Complexity*, edited by J. Elen and R. Clark, *Handling Complexity in Learning Environments: Theory and Research*, Elsevier, Amsterdam (2006), pp. 13–25.
44. J. Sweller, J. Merriënboer, and F. Paas, *Educ. Psych. Review* 10, 251 (1998).
45. R. Tarmizi and J. Sweller, *J. Educ. Psych.* 80, 424 (1988).
46. G. P. L. Teh and Barry J. Fraser, *Int. J. Instruct. Media* 22/2, 111 (1995).
47. C. D. Wickens, *Engineering Psychology and Human Performance*, 2nd edn., edited by E. L. Wiener and D. C. Nagel, HarperCollins, New York (1992).
48. G. C. Williams and E. L. Deci, *J. Pers. and Soc. Psych.* 70, 767 (1996).
49. M. Wodtke, *Thinking Skills for the Electronic Information Age: Applying Mental Capacity*, edited by C. C. Kuhlthau, E. Goodin, and M. J. McNally, *School Library Media Annual*, University of Michigan, Ann Arbor (1993), pp. 54–62.

Received: 15 December 2010. Accepted: 2 May 2011.

7.2 Teilarbeit B

B **Conradty** & Bogner

Computer vs. Textbook: Effects on Motivation and Gain in Knowledge

Educational Research

submitted 2011

Hypertext vs. Textbook: Effects on Motivation and Gain in Knowledge

C. Conradty* and F.X. Bogner

*Z-MNU (Centre of Maths and Science Education),
University of Bayreuth, University Campus, NW-1, D-95447 Bayreuth, Germany*

*Corresponding author. Email: Catherine.Conradty@uni-bayreuth.de

Abstract:

Compared to textbooks computers are considered as an innovative, "new medium" in the classroom raising high expectations towards increased motivation or cognitive learning outcomes. The new medium may reduce cognitive learning achievements, for instance because of substantial cognitive overload. Perhaps combined with gender-related variations in ability, low self-efficacy or self-confidence or an underestimation of the subject matter, computers may its usage as counterproductive in lessons. However, interest of young students in computer-aided learning isn't well researched, gender-related behaviour may even influence an individual's learning success with computers.

Our empirical study monitored efficacy in knowledge gain and motivation using computer-aided and textbook-based educational units in a Biology lesson. Our subjects comprised 393 8th graders. One main objective focused on gender effects of autonomous teacher-assisted learning via interactive software and a comparison group attending an equivalent lesson with an appropriate textbook. Both lessons were completed with a short recapitulation by the teacher. A third group closed the computer-aided lesson with a repetitive quiz including feed-back at the computer instead of the teacher-centred consolidation phase.

We focused on the effects of computer-aided and textbook-guided learning as well as the effect of teacher assistance on gender, cognitive achievements levels and intrinsic motivation. We used a quasi-experimental BACI design with pre-, post- and retention-test by applying the Intrinsic Motivation Inventory (IMI) as well as monitoring the students' experience with computers immediately after a lesson.

We recorded significantly higher post-test scores in the textbook-based lesson compared with a computer-aided one. The difference, however, diminished in the retention-test. In general, girls gained higher scores than boys, especially with textbook-aided learning. The latter took place with girls reporting less perceived tension (IMI-T) in the textbook-based lesson. The teacher-centred consolidation phase had no effect on the post-test results, but increased the long-term knowledge just as well as the students' interest in the subject (IMI-I). Girls reported a higher perceived competence (IMI-C) than boys in computer-aided lessons without a teacher-centred consolidation phase. In general the girls' intrinsic motivation was affected by our intervention but not the boys'.

Keywords: Evaluation of e-Learning; e-Learning effectiveness; gender issues; intermedia comparison; learning motivation; cognitive load, hypertext;

1 Introduction

Compared to textbooks, computers are regarded as innovative new media in classrooms leading to a substantial increase, for instance, of motivation scores and of cognitive learning outcomes. Students seem to regard computers as a new tool which highly motivates them and promotes cognitive learning (Girwidz, Robitzko, Schaal, Bogner 2006) although several problems could interfere with success in learning (e.g. Passing, Levin 2000) by originating cognitive load problems (Sweller, Merrienboer, Paas 1998).

More than 20 years ago, Salomon assumed that students might see computers as toys thus underestimating the importance of the subject matter (Salomon 1984). Students may regard print media as difficult-to-handle learning tools needing much concentration; while in contrast audios and films may offer relaxation instead of hard working. Altogether, that may reduce attention for the subject matter and consequently reduce cognitive learning achievements.

The present work analyses the learning success and motivation in the context of self-regulated learning unit involving both textbooks and computers..

1.1 What is Hypermedia & Hypertext?

The terms "hypermedia" and "hypertext" originally were already defined in 1965 by Ted Nelson; *"Hypertext is a method to create and access nonlinear text."* (Kommers, Grabinger, Dunlap 1996, p.4). Hypermedia describes a version of hypertext by specifically emphasizing multimedial aspects. Thus, hypermedia can be understood as a combination of the words "hypertext" and "multimedia".

The primary characteristic of hypertext is the basic information unit labelled as "node". This may be a pure text (single character, row or a passage) in the basic hypertext or a graphic, audio or video-element in hypermedia (Jonassen 1996, 1989). The greatest and most common example of hypermedia is the World Wide Web (www): links connect information units (nodes), organising the information with the relationships among the nodes (Jonassen, 1996).

Often the terms hypertext and hypermedia are used synonymously (e.g., Jakob Nielsen 1995). From a semiotic point of view the type of the node is a symbol this is correct. Since we compare the effects of a text, presented in a book or in computer-aided multimedia, we decided to use the original term hypertext although the multimedia aspects of the computer-aided learning environment could support the broader term hypermedia.

1.2 Advantages of Learning with Hypertext

1.2.1 Motivation

Computer-aided learning is deemed to support interest and learning success because of a learner's (inter-)activity (e.g., Strzebkowski and Kleeberg 2002). There are complex computer programs that enable interactivity like communication with other learners or changing a learning program: common examples are "wiki"s, collaborative websites like the encyclopedia "wikipedia" or "LEO" (*Link Everything Online*), an internet-based electronic dictionary with integrated training functions. In contrast to this, in conventional learning software, learners still

have passive roles by mostly interacting with navigation features (Haak 2002, Hammond 1993). Just by itself, the dynamic of hypertexts provokes interactivity since the opportunity of self-regulated learning encourages exploration of the individual's interests. Thus, hypertext is a constructivist learning environment, offering a suitable learning setting which specifically supports constructing knowledge and preventing boredom (Tulodziecki, Hagemann, Herzig, Leufen, Mütze 1996). Information offered in nodes is not essential for the present text, although nodes offer the possibility to deepen the knowledge on a topic. Just having the freedom of choice may help to satisfy curiosity. Any hypertext offering the option to deal in more detail with the subject requires an additional involvement with it. In doing so, the outcome is less likely to be just a linear learning but a net-worked thinking process, resulting in meaningful knowledge and not rote- learning alone. (Strzebkowski & Kleeberg 2002).

Even if activity is reduced, a wide range of information of variable complexity according to one's interest is offered, thus providing individualised learning (Haak 2002; Strzebkowski & Kleeberg 2002). The need for navigation and the didactic interaction with feedback may support individual motivation and activate thinking abilities, intensify elaboration, permit creativity and cultivate learning by discovery [Strzebkowski & Kleeberg 2002].

1.2.2 Learning success

Computers provide an opportunity to access multimedial and multicodal information for learners of various learning styles (Dillon, Gabbard 1998; Rasmussen, Davidson-Shivers 1998). Thus, hypermedial learning environments are considered to be helpful tools to teach even complex, interdisciplinary subject matters with ill-structured concepts such as in science education. The multimodality and multicodality may help the student to understand a structure and support cognitive processing (Spiro et al. 1992). Learning with nodes in a hypertext reveals relationships between different concepts. This helps learners in the active meta-cognitive progress of long-term knowledge, an essential part of meaningful learning.

The developers Nelson and Engelbart were inspired to evolve the hypertext technology by Bush's (1945) essay "*As We May Think*", which describes a sort of collective memory machine, called "Memex" (*Memory Extender*). This precursor of hypertext organised information comparable to the organisation structure of human memory as a semantics network of interconnected concepts (Bush 1945). Thus, it could change an information flood into knowledge. Similarly, Collins and Quillian (1972) described a 'semantic memory', as 'the net-structure of hypertext reflecting the mental presentation of knowledge', as Ausubel did with his 'assimilation theory of cognitive learning' (Ausubel, Novak, Hanesian, 1978). This analogy of hypertext and human memory may support the learning process as students need networked thinking for meaningful understanding (Vester, 1994), which is why hypertexts are regarded as an effective educational tool with the additional benefit of allowing conceptual learning. Similar to concept maps, hypertexts may provide a perfect tool for visual presentation of coherences (Novak, 1995)

1.3 Disadvantages

As early as 1987 Conklin found two main disadvantages of hypertext: "disorientation" („lost in hyperspace") and "cognitive overhead" (Conklin 1987, p. 40), and may coincide with the theory of "cognitive (over-)load" (Tarmizi, Sweller 1988). Nowadays with the web 2.0 the problem has become more complex than ever!

Disorientation may occur with malfunctioning navigation design, supporting associative but not target-oriented exploration. This can lead to problems especially when hypertext data are highly complex, low structured and/or a user has low pre-knowledge about handling computer and hypertext (Smith & Wilson 1993; Tergan 2002): „*Navigation in its narrow sense means to move through space; in its broader sense, navigation also includes virtual movement through cognitive space made up of data and of knowledge emerging from those data.*" (Whitaker 1998, p.63). With inappropriate navigation design, a learner has no mental map of the hypertext, and may rapidly lose track and not know anymore, where he/she is manoeuvring within the hypertext and where nodes interlink. Some learners, named "apathetic hypertext users" (Lawless & Kulikowich 98) will always get lost in hyperspace. "Knowledge- seekers" or "book-lovers" navigate in a manner consequential, logical, systemical and strategical (Lawless & Kulikowich 1998). As the name suggests, these students could learn equally well with textbook and hypertext. "Feature explorers" or "resource junkies" are more interested in the style of the hypertext and what kind of screens it contains, than in the important substance of the written text. Those learners will use the hypertext exploratively. Workbook usage might help those learners not to forget to take in information

Another crucial problem hindering learning success may lie in cognitive overhead. The ‚Generative Theory of Multimedia Learning‘ (Mayer 2001) describes that "learners are limited-capacity dual encoders who actively process information in order to integrate it meaningfully with their existing knowledge". Working memory is needed to integrate new information and handle the learning aid. Problematical at this juncture is the limited information capacity of the mental activity of working memory, labeled as Cognitive Load (CL) (e.g. Tarmizi, Sweller 1988; Baddeley 1992). Sweller, Merrienboer, Paas (1998) assume three CL components as (CL1) intrinsic load caused by the content complexity, (CL2) extraneous load caused by the instructional mode, and (CL3) germane load necessary for individually processing information towards long-term memory. As all three components are assumed to be additive (Sweller 2006) an increase of component (CL1) and/or (CL2) without decrease of the other would cause a Cognitive Overload. Reducing the capacity for (CL3) germane load would consequently reduce cognitive learning of the subject matter. Applied to the CL theory (CL2) extraneous load is referring to the instruction design. Thus computer and textbook could cause different CL. A hypermedia design following the principles of multimedia learning can provide a learner's achievement by avoiding cognitive overload (Blumstengel 98, Mayer 2001). The advantages of self-regulated and inquiry-based learning balance each other (Blumstengel 1998).

Many issues basic to the use of computer and hypermedia are studied; principles of helpful hypermedia use are identified (Mayer 2001), for instance, to avoid a split attention which might

increase cognitive load (Tarmizi, Sweller 1988); additionally the modality of information has been shown to have an effect on learning owing to its limitation of the working memory capacity (Baddeley 1992; Plass, Chun, Mayer, Leutner 1998).

1.4 Gender

A number of studies about gender effects in hypermedia instruction provided diverse and inconsistent results; some report no differences at all (Teh, Fraser 1995), others report great differences with regard to interest in computers (Rattanapian, Gibbs 1995). This may be an effect of the participants' age: children monitored within the project 'Hole-in-the-Wall Education Ltd' (HIWEL; www.hole-in-the-wall.com) learned computer handling just as required skills (e.g. language) by practice. Adolescents and adults seem to have a natural timidity (Mitra, Rana 2001). Previous studies have revealed that educational software does motivate girls less than boys (Passing, Levin 2000). This might be explained by the masculine design of the software. In the 1990s, studies in Germany described boys as more experienced with computers than girls (Jansen-Schulz, Kastel 2004). This is why Decker (1999) drew the conclusion that boys have higher competence in this context which as a conclusion could have been premature. Furthermore, the rapid development of the children's computer handling needs consideration.

1.5 Quasi-experimental BACI Design

A study with students at schools in every -day conditions is comparable with an ecological 'open field experiment': Despite a strict design, in educational settings there are always many uncontrollable factors. This is why we call this study "quasi experimental". To reduce random we control the experiment by changing only one factor. According to Smith (2002) we use a before-after-control-impact design (BACI): We measure the cognitive knowledge before and after the treatment to estimate its effects. To evaluate whether the effect is due to the treatment we have a treatment group with impact and control groups with antithetic impact and without any impact respectively.

In our study we focused on the effect of CL by altering (CL2) extraneous load with two different media: a hypermedia environment at computers and the equivalent textbook. Collaterally we increased the degree of computer-centring: a 3rd treatment group had as consolidation phase a computer-guided student-centred quiz with feedback instead of the traditional teacher-guided recapitulation. We collected data about students' cognitive learning achievement and intrinsic motivation. We focused on the effects of computer-aided and textbook -guided learning respectively on cognitive knowledge and learning emotions, taking into account students' gender.

2 Methodology

2.1 The teaching unit

Our study consisted of a quasi-experimental BACI design (Smith 2002) with the instructional mode as independent variable: (1) Computer-aided lesson with computer-aided consolidation phase (CAL1) ($n = 51$); (2) Computer-aided lesson with teacher-centred consolidation phase (CAL2) ($n = 114$); (3) Textbook-aided lesson with teacher-centred consolidation phase (TAL) ($n = 172$); (4) control group, not participating in the unit ($n = 55$).

We designed a computer-aided lesson about honeybees consistent with the Bavarian syllabus for the age group. This module "Honeybee – Social Insects" highlighted following subjects with particular attention to evolutionary contexts: (a) Super-organism "bee colony" (e.g. social organisation, bee language) (b) timelines (e.g. life history of a working bee) (c) products (e.g. bee wax) (d) matter for humans (e.g. economy).

2.2 The hypertext design

We used a common navigation bar used in the web 2.0 today. All nodes already displayed on pages are marked with changed font colour. An additional site map comparable to the table of contents in the textbook helps create a mental map of the hypertext (Tergan 2002). A glossary is implemented as a tabular overview of the most important terms, linking to the corresponding screen. The glossary is not so much a navigational aid through the hypertext as through the learning target. A working book attended by an optional guided tour through the hypertext, as recommended by Jonassen (1989), supports the self-regulated learners to reach the educational objective.

2.3 Students sample and design

We selected 8th graders ($N = 393$) at the highest stratification level ("Gymnasium") in Bavaria, Germany. Altogether, 20 biology classes participated in the study. This cohort already had sufficient experience with computers just because information technology is on the regular syllabus. The participants' mean age was 13.6 (SD = 0.63) years. The gender distribution revealed a higher number of boys (54 % to 46 %).

A single teacher unknown to all students tutored all lessons. After a ten minute introductory phase students worked cooperatively in groups of two, or three at most for 60 minutes. The students could choose to join their specific group. Students with CAL1 and CAL2 used an informative internet homepage with pictures, texts, videos and animations. Students with TAL used an equivalent textbook, with the same texts and pictures as the homepage but with the obvious lack of multimodality.

As a consolidation phase, the teacher used a powerpoint presentation to repeat the subject matter for 10 minutes in CAL2 and TAL. In CAL1 students had 10 minutes for a computer-aided quiz repeating the subject matter as a consolidation phase (cf. Table 1).

A workbook provided a guideline through the autonomous lesson. Questions in the workbook had to be answered autonomously by the team with research in the homepage and the

textbook respectively. All students were requested to complete their own workbook. There was no teacher support needed, except with regard to technical problems with the in-school computer network.

Table 1: quasi experimental design ^a of the study

Group	Instruction 1 – CAL1	Instruction 2 – CAL2	Instruction 3 - TAL	control
Pre test	K1	K1	K1	K1
Delay	2 weeks			
Instruction ^b	70 min	CAL	CAL	TAL
Consolidation	10 min	computer-aided	teacher-centred	teacher-centred
Post test	10 min	K2 + IMI	K2 + IMI	K2 + IMI
Delay	6 weeks			
Retention test	K3	K3	K3	K3

Note: ^a This design implied a one-way multivariate analysis of variance with repeated measures which had to be rejected on the grounds of the non-normal distribution of variables.

^b including a 10 minute introduction

2.4 Dependent variable

2.4.1 Knowledge test

Previous knowledge and changes in standard of knowledge were measured by means of a pre-test (K1) two weeks before, a post-test (K2) immediately after the lesson and a retention-test (K3) after 6 weeks (Table 1). The questionnaire covered the content of the learning targets of the lesson. The 16 items were in multiple-choice format in the set of four possible response options with three distractors and one correct answer (examples Table 2).

Table 2: Examples for multiple-choice questionnaires

subject matter	question	multiple choice distractors
(a) super-organism "bee colony"	How is a working bee telling its colleague what food it found?	<input type="checkbox"/> By performing the "bee dance" <input type="checkbox"/> The bee is fragrant like the food. <input type="checkbox"/> This is not told, only the location of the food. <input type="checkbox"/> With specific buzzing sounds
(b) timelines	What is the first job of a new born working bee?	<input type="checkbox"/> Cleaning <input type="checkbox"/> Doing sentry <input type="checkbox"/> Collecting food <input type="checkbox"/> Building comb
(c) products	Which material is not collected by bees?	<input type="checkbox"/> Nectar <input type="checkbox"/> Honey dew <input type="checkbox"/> Pollen <input type="checkbox"/> Wax

As students had hardly any knowledge (sum score $M = 5.4$ of 16, Figure 1) K1 had a low Cronbach's $\alpha = .05$. Nevertheless, the reliability was strong in K2 (Cronbach's $\alpha = .73$) and good in K3 (Cronbach's $\alpha = .59$). According to Lienert & Ratz (1998) the reliability is good with a limit of Cronbach's $\alpha \geq .6$. Knowledge tests are in principle difficult to test for reliability (Lienert

& Raatz, 1998, p. 214)—although reliability coefficients less than 0.6 can be used for differentiating groups (Lienert & Raatz, 1998, p. 213).

Item difficulty, defined as percentage of correct answers (Bortz & Döring, 2001) was normal distributed for the K1, K2 and K3. Content validity of the knowledge test is given due to the syllabus-based subject. Furthermore, all knowledge items were constructed according to the learning goals of the intervention.

Since the knowledge sum scores were not normally distributed (Kolmogorov–Smirnov with Lilliefors significance correction, $p < .000$), we used non-parametric tests and box plots as the graphic output. We presume that the different sample sizes and the quasi-experimental design of the study affected the not-normal distributed data.

2.4.2 Intrinsic Motivation Inventory (IMI)

The “Intrinsic Motivation Inventory” (IMI; Deci, Schwartz, Sheinman, Ryan 1981) is a multidimensional measurement device to assess participants’ subjective experience related to a target activity (e.g. a lesson). IMI was applied effectively in many experiments related to intrinsic motivation and self-regulation (e.g., Ryan, Koestner & Deci, 1991; Deci, Eghrari, Patrick, Leone, 1994; Schaal, Bogner 2005; Sturm, Bogner 2008). We applied four of the six subscales of IMI:

The subscale interest/enjoyment (IMI-I) is deemed to be the self-report measure of intrinsic motivation, per se (7 items; e.g. “I enjoyed doing this activity very much.”). The concept of perceived competence (IMI-C) is considered to be a positive predictor of both self-report and behavioral measures of intrinsic motivation (6 items; e.g. “I think I am pretty good at this activity.”), The subscale effort (IMI-E) is relevant to some motivation questions and is thought to measure activity’s relevance (5 items; e.g. “I put a lot of effort into this.”). The felt tension / pressure (IMI-T) is theorized to be a negative predictor of intrinsic motivation (5 items; e.g. “I was very relaxed in doing this.”).

We used the German version of the “Intrinsic Motivation Inventory”, which was previously applied successfully, for instance, by Girwidz, Bogner, Rubitzko, and Schaal (2006). Students scored their answer on a 5-digit Likert scale ranking from 1 (not true at all) to 5 (very true). The test was integrated in the post test K2 after the knowledge questionnaire immediately after the intervention (Table 1).

2.5 Analysis

For statistical analyses we used SPSS 14.0 and SPSS 16.0 respectively. Due to the partially non-normally distributed variables (Kolmogorov-Smirnov test: $p > .05$) we used non-parametric analysis. Knowledge items were scored as correct (1 point) or incorrect (0 point) and worked as sum scores. In case of IMI we calculated mean scores for each subscale. We calculated inter-group differences with the Friedman test (FT) and between-group differences with Mann-Whitney-U test (MWU) for two independent samples and Kruskal-Wallis test (KW) respectively for k independent samples. Significance of learning success was calculated with Wilcoxon test (WT).

3 Results

3.1 Cognitive achievement

There was no test effect as the control group did not gain knowledge (FT: $\chi^2 = 2.995$, $df = 2$, $p = .224$). The K1 showed neither differences within the treatment groups (KW $\chi^2 = 2.769$, $df = 3$, $p = .429$) nor within the gender (MWU: $Z = -0.864$, $p = .388$).

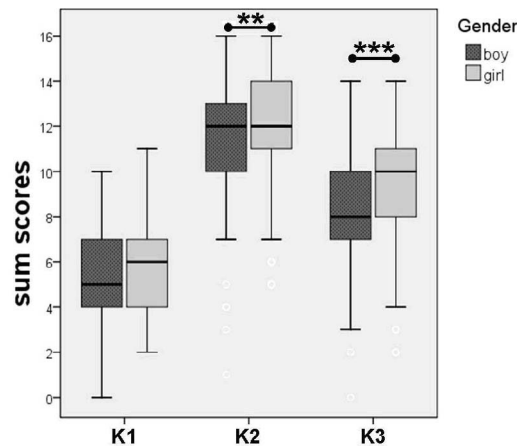


Figure 1: Knowledge sum scores of boys and girls for all instructions without control (K1: pre-test; K2: post-test; K3: retention-test; gender differences: ***: $p \leq .000$; **: $p \leq .01$)

Students of TAL gained significantly higher sum scores than students of CAL2 immediately after the lesson (MWU: K2 $Z = -4.430$, $p \leq .000$; *Figure 2-K2*) and, therefore, the highest knowledge scores among all students. After six weeks both groups gained equivalent cognitive sum scores (MWU: K3 $Z = -1.098$, $p = .272$; *Figure 2-K3*). In CAL2 as well as in TAL girls gained significantly higher sum scores than boys in K2 (MWU: CAL2 $Z = -2.385$, $p = .017$; TAL $Z = -3.784$, $p \ll .000$; *Figure 2-K2*). This was still found after six weeks in K3 (MWU: CAL2 $Z = -3.777$, $p \ll .000$; TAL $Z = -2.339$, $p = .019$; *Figure 2-K3*)

All students learned with CAL in both CAL1 and CAL2. The cognitive achievement immediately after the lesson was equivalent independently of the consolidation phase of CAL1 or CAL2 respectively (MWU: K2 $Z = -1.12$, $p = .265$). In respect of long-term learning students of CAL2 gained significantly higher knowledge scores than students of CAL1 (MWU $Z = -2.23$, $p = .026$). The lack of teacher guiding is disadvantageous notably for girls: In CAL1 - without teacher-guided consolidation phase - all students gained lower knowledge scores in K3, even the girls learned less (WT K1-K3: $Z = -2.184$, $p = .029$). According to this gender effects were reduced in CAL1: there is no gender effect in K3 (MWU: $Z = -0.949$, $p = .343$) and hardly any in K2 (MWU: K2 $Z = -2.065$, $p = .039$). However, it should be noted that this specific group contained fewer girls (just 27% of the group).

This finding is remarkable as girls seemed to learn more in general as both genders have similar pre-knowledge (MWU K1: $Z = -0.66$, $p > .5$) but girls gain higher sum scores than boys in K2 (MWU K2: $Z = -2.685$, $p = .007$) and K3 (MWU K3: $Z = -3.974$, $p \leq .000$; *Figure 1*).

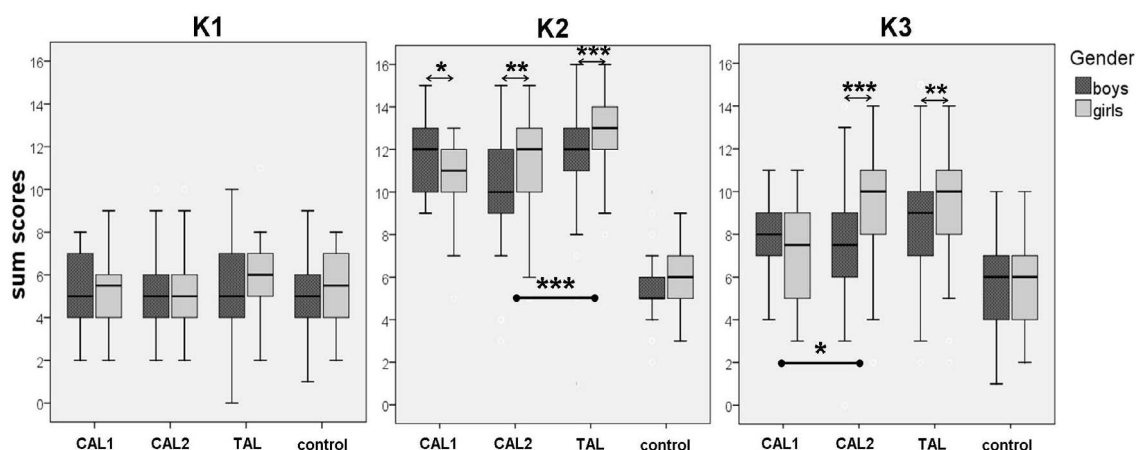


Figure 2: Knowledge sum scores after gender (K1: pre-test; K2: post-test; K3: retention-test; ***: $p \leq .000$; **: $p \leq .02$; *: $p \leq .05$)

3.2 Intrinsic Motivation Inventory (IMI)

There were no significant treatment effects in the IMI subscales. However, in the IMI-I (interest) students gained highest mean scores in CAL2 (Figure 3: *IMI Interest*). This is due to the fact that girls' intrinsic motivation is affected by the treatments but not the boys'. The IMI-I mean scores are significantly lower in CAL1 than in CAL2 (MWU: $Z = -2.744$, $p = .006$) or in TAL (MWU: $Z = -1.794$, $p = .073$). The difference between CAL2 and TAL is not significant (MWU: $Z = -1.448$, $p = .148$). This difference between CAL1 and CAL2 in IMI-I is affected by the girls' increase in IMI-I. Although girls are more interested in the subject with CAL2 than with TAL (not significant) they are significantly less interested with CAL1 (MWU: CAL1 \square CAL2: $Z = -2.130$, $p = .033$).

The girls' perceived competence is higher with CAL1 than with CAL2 (MWU: $Z = -2.300$, $p = .021$) but equivalent in CAL2 and TAL. Lastly, girls reported least tension in TAL with significant difference to CAL2 (MWU: $Z = -3.075$, $p = .002$) but IMI-T (tension) is similar in CAL1 and CAL2. The boys reported of similar intrinsic motivation in all treatments. IMI-E (effort) is not affected at all.

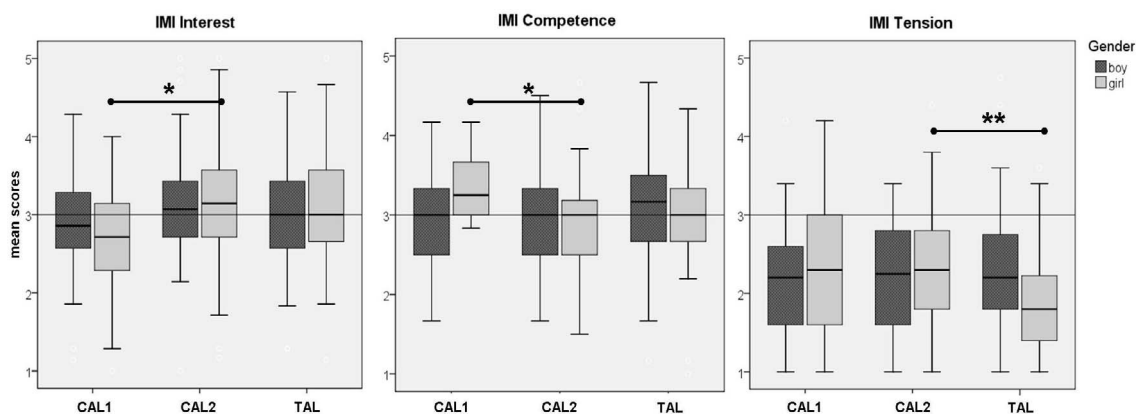


Figure 3: Intrinsic Motivation Inventory: Interest (* $p = .033$), Competence (* $p = .021$), Tension (** $p = .002$) grouped into treatment, selected by gender

4 Discussion

Monitoring the effects of CAL and equivalent TAL in Biology lessons focused on the differences in cognitive achievement and the intrinsic motivation with regard to gender. An underestimation of the subject matter (Salomon 1984) was excluded by the regular CAL in the 8th grade and the workbook usage.

In line with Schaal (2006) we found highest mean scores for interest for the subject matter in CAL2. This is notable as there can hardly be any novelty effect as participants were sufficiently used to CAL. However, in contrast to Schaal (2006) the higher interest scores did not result in higher knowledge scores. This may result from learning -inhibiting factors, namely extraneous load (CL2) (Sweller, Merrienboer, Paas 1998). But firstly, all students had sufficient experience in computers because of regular IT lessons and the software design followed the principles of multimedia learning, e.g. it avoided split attention. Secondly, the long-term learning was equivalent in both CAL and TAL. Furthermore, students reported of highest perceived competence (IMI-C) in CAL1. That's why we think that cognitive overload was reduced to a large extent. Regrettably, we had not applied a CL measure (Paas, Merrienboer, Adams 1994).

In contrary to the expectations of Dillon & Gabbard (1998) and Rasmussen & Davidson-Shivers (1998), the multicodality of CAL with its opportunity of appealing various learning styles did not enhance cognitive achievements in K2. But the retention rate was higher in CAL2 than in TAL indicating that multicodality could support learning. This could be caused by the fact that the interest in the subject (IMI I) with CAL2 itself is higher, probably owing to the use of multimedia.

Our results point to the relevance of the teacher: CAL as an instructional enrichment increased a student's interest in the subject matter. Without the teacher-centred consolidation phase both interest and cognitive achievement were reduced dramatically. A good reason for a computer implementation in regular lessons is the students' opportunity to learn required skills casually as monitored within the project 'Hole-in-the-Wall Education Ltd' (HIWEL; www.hole-in-the-wall.com; Mitra, Rana 2001).

In line with Dillon & Jobst (2005) we found gender effects with participants older than 5th graders. At this age, students are adolescent, with gender-related behaviour according to the already developed gender identity (Stoller 1968). As girls learned more in this study, this might be due to their preference for the subject "Biology": for years about 66 % of the first-semester students in biology have been women (Federal Statistical Office of Germany 2005). In general, girls' motivation was affected by our intervention but not the boys', just as the girls' learning success with CAL increased with the interest in the subject matter, but not that of boys. In particular, dance as both gender learned little with CAL1; but girls even less so than boys, dovetailing perfectly with their loss in interest. Probably the lack of contact with the teacher served to decrease interest scores even more than the computer supports it. These findings are contradictory to the findings of Passing & Levin (2000). Whereas their study revealed that educational software does not motivate girls, in our study only girls' learning emotions are affected. This might be explained by the software being designed for a male taste in the study

of Passing & Levin (2000) and a female teacher and female designer of both the software and the textbook in present study.

5 Summary - Conclusion

In the present study, CL problems peculiar to CAL could be prevented by usage of workbooks just to avoid underestimation of subject matter. Therefore, the results could be discussed as motivating effects of CAL. Our results in respect of gender are contradictory to the findings of Passing & Levin (2000) where no motivating effects of girls were found, whereas in our study, intrinsic motivation mainly of girls was affected rather than of boys. Notably, the girls' learning success with CAL2 increased with the interest in the subject matter, but not that of the boys. This might be explained by the female teacher and female designer of both the software and the textbook in the present study.

Our findings gave evidence that students used to computers can learn with computers adequately. Computers are useful as an instructional enrichment with the ability of increasing a student's interest in the subject matter. Important for both interest and learning is the tutoring by the teacher.

Acknowledgements

We welcome the cooperation of teachers and students involved in this study. The study was funded by StMUG (Bavarian State Ministry of Environments, Public Health & Consumer Protection) and the StUK (Bavarian State Ministry of Education).

The manuscript has greatly benefited from comments and suggestions by Haluk Soyoglu and S. & T. Banwell.

References

- Ausubel, D.P., Novak, j. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Hlt, Rinehart and Winston.
- Baddeley, A. (1992) *Working Memory*, Science, 255, 556-559
- Bush, V. (1945) As We May Think. The Atlantic Monthly 7/1945. Reproduced with their permission on: <http://www.ps.uni-saarland.de/~duchier/pub/vbush/vbush-all.shtml> at 12/1/2011
- Collins, A. M. & Quillian, M. R. (1972). How to make a language user. In *Organization of memory*. E. Tulving and W. Donaldson, 309-351. New York: Academic Press.
- Deci, E. L., Eghrari, H., Patrick, B. C., Leone, D. (1994). *Facilitating internalization: The self-determination theory perspective*. Journal of Personality, 62, 119-142
- Deci, E.L., Schwartz, A. J., Sheinman, L., Ryan, R.M. (1981) *An instrument to assess adults' orientations toward control versus autonomy with children: Reflections on intrinsic motivation and perceived competence*, Journal of Educational Psychology, 73 (5), 642-650

- Decker, M. (1999) *Kinder vor dem Computer. Die Herausforderung von Pädagogen und Eltern durch Bildschirmspiele und Lernsoftware*. KoPäd Verlag München, Germany
- Dillon, A. and Gabbard, R. (1998) *Hypermedia as an Educational Technology: A Review of the Quantitative Research Literature on Learner Comprehension, Control, and Style*. *Review of Educational Research*, 68 (3), 333-349
- Dillon, A. and Jobst, J. (2005) *Multimedia Learning with Hypermedia*. In: Mayer, R. E. (Ed.) *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* New York: Cambridge University Press.
- Fabos, B. (2001) *Media in the classroom: An alternative history*. Proceedings of the American Educators Research Association, Seattle, WA
- Tulodziecki, G., Hagemann, W., Herzig, B., Leufen, S., Mütze, C. (1996). *Neue Medien in den Schulen: Projekte-Konzepte-Kompetenzen*. Verlag Bertelsmann Stiftung; Gütersloh
- Federal Statistical Office of Germany (2005) *Hochschulstandort Deutschland 2005* press release, December 2005;
URL: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pk/2005/Hochschulstandort/Pressebrochure__Hochschul2005,property=file.pdf at 12/1/2011
- Girwidz, R., Bogner, F. X., Rubitzko, T., Schaal, S. (2006). *Media assisted learning in science education: An interdisciplinary approach to hibernation and energy transfer*. *Science Education International*, 17(2), 95–107
- Haak, Johannes (2002). *Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia und Hypermedia*. In: Issing, L. J., Klimsa, P.: *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*, 3., vollständig überarbeitete Auflage; S. 127-136; Psychologische Verlags Union; Weinheim
- Hammond, Nick (1993). *Learning with Hypertext: Problems, Principles and Prospects*. In: McKnight, C., Dillon, A., Richardson, J.: *Hypertext A Psychological Perspective*; S. 153-168; Ellis Horwood; New York et al.
- HIWEL Hole-in-the-Wall Education Ltd URL: www.hole-in-the-wall.com at 02/19/2011
- Jansen-Schulz, B. and Kastel, C. (2004) *"Jungen arbeiten am Computer, Mädchen können Seil springen..." Computerkompetenzen von Mädchen und Jungen – Forschung, Praxis und Perspektiven für die Grundschule* München, Germany: Kopaed
- Jonassen, David H. (1989). *Hypertext/Hypermedia*. Educational Technology Publications; Englewood Cliffs, New Jersey
- Jonassen, David H. (1996). *Computers in the Classroom. Mindtools for Critical Thinking*; Prentice-Hall; Englewood Cliffs, New Jersey
- Kommers, Piet A. M.: Definitions. In: Kommers, Piet A. M., Grabinger, Scott, Dunlap, Johanna C.: *Hypermedia learning environments: instructional design and integration*. Lawrence Erlbaum Associates; Mahwah, New Jersey; 1996.
- Kommers, P.A.M., Grabinger, S., Dunlap, J.C. (1996). *Hypermedia Learning Environments: Instructional Design and Integration*. Lawrence Erlbaum; Hillsdale NJ

- Lienert, G.A. and Raatz, U. (1998) *Testaufbau und Testanalyse*. (6th ed.). Weinheim, Germany: Psychologie VerlagsUnion
- Mayer, R. E. (2001) *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mitra, S. and Rana, V. (2001) *Children and the Internet: Experiments with minimally invasive education in India*. *The British Journal of Educational Technology*, 32 (2), 221-232
- Jakob Nielsen (1995). *Multimedia and Hypertext. The Internet and Beyond*, Morgan Kaufmann
- Novak, J. D. & Cañas, A. J. (2006). *The Theory underlying Concept Maps and how to construct and use them*. Institute for Human and Machine Cognition.
- Novak, J. D. (1995). Concept maps to facilitate teaching and learning. *Prospects*, 25, 95-111.
- Paas, F., Merrienboer, J. v. and Adams, J.J. (1994) *Measurement of cognitive load in instructional research*. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 419-430
- Passig, D. and Levin, H. (2000) *Gender preferences for multimedia interfaces*. *Journal of Computer assisted Learning*, 16, 64-71
- Plass, J., Chun, D., Mayer, R., Leutner, D. (1998) *Supporting visual and verbal learning preferences in a second-language multimedia environment*. *Journal of Educational Psychology*, 90(1), 25-36
- Rasmussen, K. and Davidson-Shivers, G. (1998) *Hypermedia and learning styles: Can performance be influenced?* *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 7 (4), 291-308
- Rattanapian V., Gibbs W.J. (1995) *Computerized drill and practice: design options and learner characteristics*. *International Journal of Instructional Media*, 22 (1), 59–77
- Ryan, R. M., Koestner, R., and Deci, E. L. (1991). *Varied forms of persistence: When free-choice behavior is not intrinsically motivated*. *Motivation and Emotion*, 15, 185-205
- Salomon, G (1984) *Television is „easy“ and print is „tough“: The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions*. *Journal of Educational Psychology*, 76 (4), 647-658
- Schaal, S. (2006) *Fachintegratives Lernen mit neuen Medien*. Hamburg: Kovac.
- Schaal, S. and Bogner, F.X. (2005) *Human visual perception – learning at working stations*. *Journal of Biological Education*, 40 (1), 28-39
- Smith, E. P. (2002) *BACI design*. *Encyclopedia of Environmetrics*, 1, 141-148
- Stoller, R. (1968) *Sex and Gender: On the Development of Masculinity and Femininity*. Science House, New York City
- Sturm, H. Bogner, F.X. (2008) *Student-oriented versus Teachercentred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation*. *International Journal of Science Education*, 30 (7), 941 – 959

- Sweller, J. (2006) *How the human cognitive system deals with complexity*. In: J. Elen, & R. Clark, (Eds.), *Handling complexity in learning environments: Theory and research*. Amsterdam, Netherlands, Elsevier.
- Sweller, J., Merrienboer, J. v. and Paas, F. (1998) *Cognitive architecture and instructional design*. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296
- Tarmizi, R. and Sweller, J. (1988) *Guidance during mathematical problem solving*. *Journal of Educational Psychology*, 80, 424-436
- Teh, G. P. L. and Fraser, Barry J. (1995) *Gender Differences in Achievement and Attitudes Among Students Using Computer-Assisted Instruction*. *International Journal of Instructional Media*, 22 (2), 111-140

7.3 Teilarbeit C

C **Conradty** & Bogner

Implementation of concept mapping to novices: reasons of errors, a matter of technique or content?

Educational Studies, Volume 36, Issue 1 February 2010 , pages 47 - 58

Implementation of concept mapping to novices: reasons for errors, a matter of technique or content?

Cathérine Conradty* and Franz X. Bogner

Z-MNU (Centre of Maths and Science Education), University of Bayreuth, University Campus, NW-1, 95447 Bayreuth, Germany

Concept mapping is discussed as a means to promote meaningful learning and in particular progress in reading comprehension skills. Its increasing implementation necessitates the acquisition of adequate knowledge about frequent errors in order to make available an effective introduction to the new learning method. To analyse causes of errors, 283 A-level sixth graders produced concept maps about two differently complex subject matter lessons, we implemented in a pre-lesson. We defined six types of errors and analysed the distribution and contingency tables in both subject matters. Students in general produced more complex concept maps in the context of the easier subject matter (A) than that of the difficult content (B). Whereas in the former errors simply indicated knowledge gaps, in the latter they often reflected technical misconceptions. The occurrence of a content-dependent technical error in (B) pointed to a cognitive overload, since the more difficult content is hypothesised to cause higher intrinsic load. From this following, concept mapping could provoke an instructional enrichment by additionally revealing specific knowledge gaps.

Keywords: educational intervention; concept mapping; first implementation; science education; cooperative learning; cognitive load

Introduction

In this present paper, we address a perceived need for a better understanding of students' difficulties in constructing concept maps (CMaps). This will help to prevent technical errors and to make the benefits of concept mapping more accessible and concept mapping (CM) more practicable in classrooms. A CMap as a multi-learning tool is a diagram showing relationships among concepts such as ideas, images or words. This representation is similar to a road map with locations and the connecting roads or a circuit plan of an electrical appliance within a house. In a CMap each concept is connected with each other by a connecting line (arrow) and follows a downward-branching hierarchical structure (Novak and Cañas 2006; Figure 1). In our study all connections required a label with linking phrases, e.g. "results in" or "is the term of".

The technique of CM was developed by Novak and co-workers in the 1970s in order to portray the emerging science knowledge of children. In the following years, concept mapping has been developed as an educational tool in (science) subjects, e.g. in order to describe the meaningfulness of a learning process and to map knowledge patterns

*Corresponding author. Email: Catherine.Conradty@uni-bayreuth.de

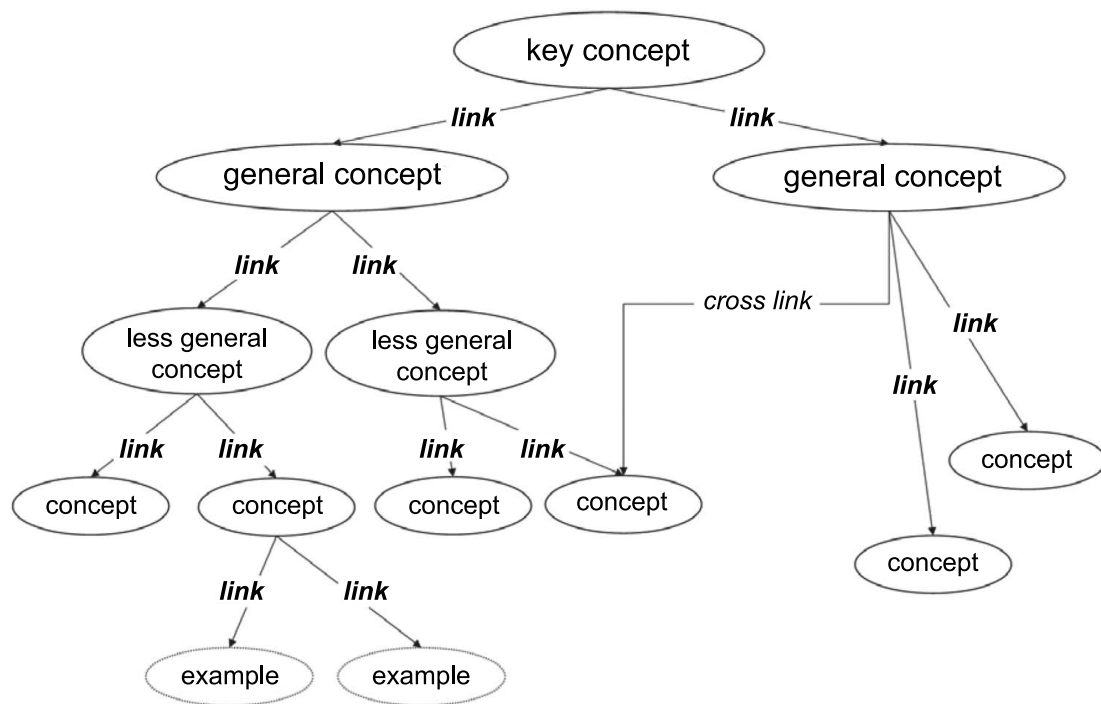


Figure 1. Model of CM (redrawn from Novak and Gowin 1984 and Kinchin 2000).

of both individuals and learner groups: In particular, constructivists see a learner actively constructing new knowledge. Novak and Gowin (1984) stated that the assimilation of new concepts into existing knowledge is needed for meaningful learning. Furthermore, CMaps were described as “a schematic device for representing a set of concept meanings embedded in a framework of propositions” (Novak and Gowin 1984, 15). Consequently CMaps can be defined as two-dimensional verbal graphical representations which may be seen as analogical to conventional representations. Accordingly, the cognitive processing of such a “graphic with words” may follow the theory of dual coding (Paivio 1986 [1971]) and the Generative Theory of Multimedia Learning (Mayer 1997, 2001). Consequently, CM may offer an effective tool in education for both teaching and learning by supporting an active and meaningful learning. The CM technique itself may yet be limited since to our knowledge multimedia learning up to now has not been associated with CM.

Concept mapping is frequently discussed in the context of learning in different levels. A CMap’s structure seems to be a mental presentation of knowledge, that Collins and Quillian (1972) labelled “Semantic Memory”. CM may help a learner to memorise a specific content in a meaningful way and also to promote, more casually, relevant reading comprehension skills. The extraction of significant terms from a text and the condensing of information into a comprehensive article is an important aspect for any learning strategy (Schnotz 1994). This process needs an intense and creative reading process (Schermer 1989) by promoting understanding and memorising of the content.

CM is particularly interesting in science education as a tool for a visual presentation of terms that may help to understand conceptions, for example, complex coherences in ecology which are often difficult to penetrate cognitively. Soft skills trained with CM – reading comprehension and coherent understanding – are extremely important for any learning process at school. As CM is still not common in schools, most students are novices in the technique. For a first implementation, therefore, an effective

introduction of how to develop a CMap is needed. Consequently, a better understanding of frequently made errors is helpful to support an effective training in CM.

The objectives of our study, therefore, were: (1) identification and classification of beginners' errors in CMaps; (2) differences in error making between difficult and easy subject matter; and (3) identification of possible cause of error making and thus preventing them.

Methodology

Quasi-experimental BACI design

A study with school children under everyday conditions is like an ecological "open field experiment": Despite a strict design, educational settings may provide many uncontrollable potentially interfering factors. This is why such studies are generally labelled as "quasi-experimental". To reduce random sources of error we prefer to control an intervention by manipulating only one factor. According to Smith (2002) a before-after-control-impact design (BACI) is the design most often chosen, for instance, by measuring cognitive knowledge before and after a treatment in order to estimate its effects. As the cognitive tests had no ceiling or floor effects we could work with this design. To evaluate whether an effect is caused by a specific treatment in addition to a treatment group an inclusion of a control group without any impact is recommended.

In our study we focused on individual errors when producing a CMap. We applied the method in biology lessons where two subject matters with a different level were being taught. To reduce any teacher effect and to standardise the treatment during a lesson, a computer-aided learning unit was implemented. CM was introduced as a consolidation phase by recapitulating the material already taught. In addition to CM we measured the individual cognitive learning achievement of all participants. We focused on the errors in the CMap production, for their possible cause and we propose ways to avoid such errors.

Teaching unit

Our quasi-experimental BACI design (Smith 2002) included a control group ($n = 56$) which did not participate in the instruction, but did complete all the knowledge tests. In order to reduce any teacher effects and to standardise the treatment, a single teacher previously unknown to all students taught all lessons (cf. Table 1). The treatment group ($n = 283$) attended a computer-aided instruction which followed two difficulty levels: the first (moderate) module (A) "From Polliwog to Frog" highlighted the following subjects: (1) relations of body and mode of life (physique, living in the course of the year); (2) food relationships; (3) reproduction and development; (4) endangerment and conservation issues related to the species; and (5) hands-on experiments to support abstract rational thinking skills. The second (complex) module (B) "Ecosystem Lake" incorporated a higher difficulty level and highlighted the following subjects: (1) basic concepts of ecology; (2) plants (prominence and function of photosynthesis); (3) energy conversation and respiration; (4) food webs; (5) information about several fascinating animals to create awareness of the need of protection (more examples for the relation of physiques and mode of life); and (6) endangerment and conservation of ecosystems.

Table 1. Quasi experimental design^a of the study.

Group		Instruction ($n = 283$)	Control ($n = 56$)
Pre-test		K1	K1
		Delay (2 weeks)	
Instruction	10 min	Introduction CAL	
	60 min	CAL (A): "Polliwog to Frog"	
	60 min	CAL (B): "Ecosystem Lake"	
CM	15 min	Introduction CM	
	35 min	CM (A)	
	35 min	CM (A)	
Post-test		K2	K2

^aThis design implied a one-way multivariate analysis of variance with repeated measures which had to be rejected on the grounds of the non-normal distribution of variables.

After a 10 minute introductory phase, our participants assembled by choice into dyads (maximal of three, if necessary). They worked cooperatively for 60 minutes on each subject matter. A specific workbook provided a guideline through the autonomous computer-aided lesson. Questions in the workbook were answered autonomously by each team. All students were requested to complete their own workbook. There was no additional teacher support needed, except when technical problems of the in-school computer network appeared.

All participating students were novices with regard to CM, hence the technique was introduced in a separate 15 minute preface: for this purpose students produced under teacher supervision a CMap about a general well-known example unrelated to our subject content. After that, all individual CMaps about subject (A) and subsequently (B) were produced. For each subject 35 minutes were available. All items for the CMaps were predefined (Table 2), presumably thus reducing cognitive load (Nückles et al. 2004). Furthermore, predefined items may support the CMap validation, as the same number and kind of items are available. Linking phrases, connecting two items, were not predefined (Figure 1).

Subjects

We selected novice 6th grade high achievers ($n = 283$) (highest stratification level; "Gymnasium"). Ten classes participated. This cohort already had sufficient

Table 2. Pre-defined items of subjects (A) "Polliwog to Frog" and (B) "Ecosystem Lake".

(A) Polliwog to Frog	polliwog	larva of frogs	spawn	eggs	cluster
	march	metamorphosis	gills	lung	insects
	foreleg	hind leg	singing	frog	brood care
	mating	algae	tail		
(B) Ecosystem Lake	cohabitate	biocoenosis	temperature	biotope	habitat
	herbivore	abiotic factors	biotic factors	bacteria	light
	carnivore	photosynthesis	decomposer	animals	user
	first order	second order	ecosystem	consumer	plants
	oxygen	biomass	producer		

ICT-experience because informatics is taught as a regular syllabus subject. Participants' mean age was 12.6 (SD = 0.08) years. By chance, the gender distribution was perfectly balanced (50–50%).

Analysis

For statistical analyses we used SPSS 14.0 and SPSS 16.0 respectively.

Objectivity of analysis

If different analysers reach similar results, it is granted that this analysis is not influenced by the analyser. The objectivity of analysis is guaranteed (Bortz and Döring 1995). Therefore, our examiners analysed 10% of all concept maps twice with a four weeks delay, and a second examiner analysed this selected 10% sub-sample independently. Comparison of both results provided a so-called objectivity score (Ingenkamp 1992) which is calculated by a Cohen's kappa-coefficient derived from cross tabulation (Zöfel 2002).

Analysis of errors in CMaps

We illustrated each type of error in percentages for both subject matters. An error type with a similar percentage in both subject matters might be independent of the subject matter, but indicates a dependency of the technique of CM. An error contingency is given if a participant made the same error in both subject matters – independently of the content. This might indicate that such an error is due to technical problems. The contingency was computed using a cross-tabulation, yielding by providing a contingency coefficient. The more types of errors observed, the more calculations are needed and consequently the more likely it is that “significant” correlation occur by chance: to avoid such an overestimation we applied the Bonferroni correction with a level of significance (the so-called “alpha level”) of 0.05 divided by n (Zöfel 2002). As we defined six error types, $\alpha = 0.008$ was taken to assure significance, and hence indicating a dependency of subject matter and content, respectively.

Analysis of knowledge test

Previous knowledge levels and changes in knowledge were measured by means of pre-test (K1) scores, applied two weeks before lesson participation, and a post-test (K2) immediately after that (Table 1). The questionnaire covered the lesson's content. Altogether, 17 items in multiple-choice format with four possible response options were applied by providing three distractors and one correct answer (see examples, Table 3). Thus, the pure guessing probability was 0.25.

To guarantee content validity, we constructed the items according to the learning goals of the syllabus-based intervention (Rost 1996): Item difficulties, defined as percentage of correct answers (Bortz and Döring 1995) should range between 0.2 and 0.8; items outside of this range were discarded. The Corrected Item-Total Correlation should be about +0.3 and +0.5. Our results met the +0.2 to +0.5 range. Generally, knowledge tests are difficult to test for reliability although reliability coefficients less than 0.6 are used for differentiating groups (Lienert and Raatz 1998). Students generally presented with a low pre-knowledge (sum score $M = 8.3$ of 17 points) with 58.7%

Table 3. Examples for multiple choice questionnaires.

Subject matter	Question	Multiple choice distractors
(A) "Polliwog to Frog"	How is the larva's transformation into the mature animal named?	<input type="checkbox"/> Puberty <input type="checkbox"/> Maturing <input type="checkbox"/> Metamorphosis <input type="checkbox"/> Metabolism
(B) "Ecosystem Lake"	What is a destruent?	<input type="checkbox"/> Pike <input type="checkbox"/> Algae <input type="checkbox"/> Micro-organisms, producing oxygen <input type="checkbox"/> Micro-organisms, decomposing dead material

correct answers in subject (A) and 42.7% in subject (B), but reliability was acceptable (Cronbach's $\alpha = 0.60$). Within the post-test (K2) as well as the retention-test reliability scores (K3) achieved higher values (Cronbach's α : K2 $\alpha = 0.75$; K3 $\alpha = 0.74$). Split by the two subject matters the reliability values remained acceptable: subject (A) with 10 items provided an $\alpha = 0.64$ and subject (B) an $\alpha = 0.63$. Due to a non-normal distribution of our knowledge sum scores (Shapiro-Wilk $p = 0.000$), we applied non-parametric tests. Knowledge items were scored as correct (1 point) or incorrect (0 point) and further analysed as sum scores. Significance of learning success was calculated using the Wilcoxon signed-rank Test (WT).

Results

Preconditions

The difficulty of a subject matter needs further definition. We presume that the lower the pre-knowledge scored, the more difficult the process of knowledge acquisition (Mayer 2001). We expected the subject (A) to be perceived as easier by students who have already had hands-on experience. According to the syllabus, subject (B) should be new to the age-group. Additionally, the (B) content is quite abstract and included even Latin terms. Since a multiple choice test with four alternatives has a guess probability about 25%, results higher than 50% indicate knowledge. The pre-test verifies sufficient previous knowledge about subject (A) (mean score 58%), but hardly any about subject (B) (mean score 39%). Due to these findings we distinguish between the subjects as (A) easy and (B) complex.

The analysis of coincidence was high for each comparison: for both analysers it was 82% in subject (A) and 70% in subject (B). The coincidence of the first and second analysis of the same analyser was 83% for subject (A) and 97% for subject (B).

Reasons for errors

In our opinion, three reasons of generating errors in CMaps may occur (Figure 2): (1) A misunderstanding of the content and consequently generating incorrect links (a typical error with this cause is F3); (2) to provide correct links without understanding the set of rules behind it; this means, the connection had no or incorrect directions (e.g. F1, F2); (3) a mixture of technical and factual errors whereas for F4 content was not apprehended, but for F5 and F6 there is no simple answer as linking phrases are not verbalised.

Fault types	Example
F1: right linking phrase – wrong direction of arrow	Frog $\overleftarrow{\text{breaths with}}$ lung
F2: right linking phrase – no direction of arrow	Frog $\overline{\text{breaths with}}$ lung
F3: wrong linking phrase – direction of arrow indicated	Frog $\overrightarrow{\text{breaths with}}$ gills
F4: wrong linking phrase – no direction of arrow	Frog $\overline{\text{breaths with}}$ gills
F5: no linking phrase – direction of arrow indicated	Frog $\overrightarrow{\dots}$ lung
F6: no linking phrase – no direction of arrow	Frog $\overline{\dots}$ lung

Figure 2. Definition of fault types with examples.

For a further understanding of the causes of generating errors two statistical scores were calculated: the frequency of occurrence and the contingency of errors in both subject matters (Table 4). In the specific errors F1, F2 and F4, the degree of frequency was equivalent in both subject matters. These results pointed to a technical problem as the errors occur independently of the subject matter, although the semantic discussion indicated a knowledge deficit causing F4. In the errors of F3, F5 and F6, substantial differences occurred in the percentages between the subject matter: while more than 50% of the errors in F3 occur in the easier subject matter (A) but only 30% in subject (B); errors of F5 and F6 came substantially about the subject matter (B). These findings indicate that F1, F2 and F4 are errors with respect to the method, F3, F5 and F6 to the content.

For verification of our argumentation we extracted the second criterion, the contingency of generating errors in both subject matters (Table 4 contingency). According to the dependency we found four technical errors and two with respect to content. The results are in line with the findings of the percental analysis except for error F6. Whereas percentage analysis indicated F6 as an error with respect to the content, coincidence analysis indicated F6 to be a technical error.

Whereas similar percentages of technical mistakes were recorded, with 32% in (A) and 35% in (B) respectively, the percentage of errors in respect of content vary substantially, with 65% in (A) and only 54% in (B). The reasons for error F6 cannot be defined as the percentage is higher in subject matter (B), indicating an error in respect of content, but the occurrence is not contingent, indicating an error in respect of technique (Figure 3). This is to be interpreted as F6 is an error typical for (B) but not caused by its content.

Table 4. Possible reasons of errors after analysis per percentage and contingency.

Error type	Percentage			Possible Reason for error	Contingence	
	(A)	\Leftrightarrow	(B)		coefficient	approx. sig.
F1	13%	=	12%	method	0.128	0.044 ^a
F2	13%	=	16%	method	0.092	0.151
F3	51%	>	29%	content	0.184	0.003
F4	6%	=	7%	method	0.016	0.803
F5	14%	<	25%	content	0.307	0.000
F6	3%	<	11%	content \Leftrightarrow method	0.056	0.380

^aBonferroni Correction: significance $\alpha = 0.05/0.06$ calculations = 0.008.

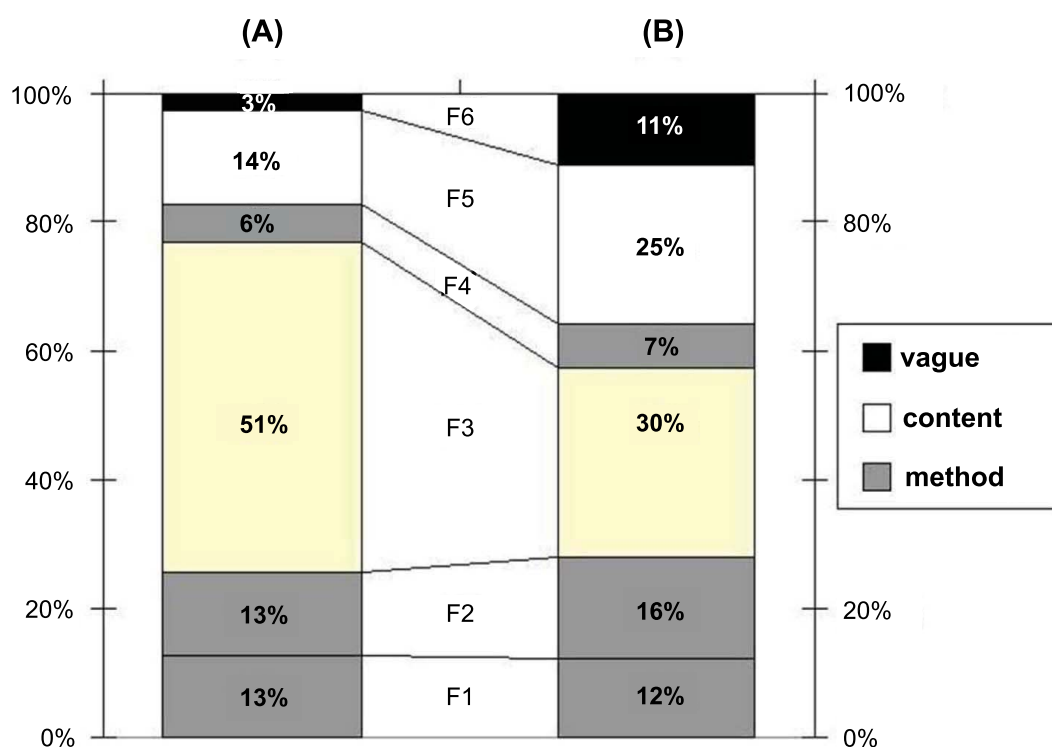


Figure 3. Error types F1-F6: Percentage distribution in (A) and (B) and possible reasons.

Discussion

Reasons for errors

First of all, young students were able to handle CM even as novices appropriately. This is quite in line with Novak's early studies even with six-year-old learners (Novak and Gowin 1984). CMaps about subject (A) were more complex than about subject (B), just as students had more pre-knowledge about subject (A) but hardly any about (B). This indicates that prior knowledge is important for learning a new concept which again is in line with Novak, and with Ausubel's cognitive "assimilation theory" upon whom Novak built his own research: "The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach accordingly" (Ausubel 1968, cited in Novak and Gowin 1985, 40).

The simple proportion of technical errors is equivalent in both subject matters. However, errors with respect to content were more relevant in a simpler subject (65% (A) to 55% (B)). This indicates that the method of CM is more adequate with simple subject matters than with complex, difficult and multi-faceted ones. In other words, a teacher may somehow estimate CMaps "mistakes" as existing knowledge gaps in a more simple subject matter. This argumentation is completely in line with Slotte and Lonka (1999). Technical errors occurred with a similar rate in both subject matters, which by itself might exclude simple training effects. After the construction of the first concept map (A), technical mistakes were not discussed which would have prevented inconsistencies in the second concept map (B). Thus, a second corrective introduction into the method might help. Nevertheless, technical errors are merely a matter of semantic misapprehension of the CM code, as students have to use the teacher's rules.

The reduction of F3 errors in CMaps in subject (B) in comparison with subject (A) might result from an increase of F5. According to our statistical analysis the missing label was not caused by students who did not know the CM rules which is how to label all connections. As F5 is in respect of content we suggest that students may have been overburdened with the complexity of subject (B) and they may have tried to jot down vague memories. Therefore, low achievers simply could not verbalise the correct labelling of relevant relations. We cannot exclude the possibility that some unlabelled links are because the CMap was not finished, although the majority of students did finish their CMaps. The reasons for F6 are not clearly defined. F6 appears more often in the difficult matter but it is not contingent upon a student. This points to F6 as a typical error in CMaps about subject (B) but independent of the content. In other words, F6 is a technical mistake, dependent on the subject matter. This could be an indication for an external influencing factor not evaluated in this study. As subject (B) was according to our definition, the more complex one as students had less pre-knowledge and the matter included Latin terms, cognitive overload may have occurred in subject (B) (Figure 4; Nückles et al. 2004; Scharfenberg, Bogner, and Klautke 2007).

CM as a multimedia learning tool

We found different results depending on whether students created CMaps in the context of subject (A) or (B). What caused these findings? CM can be understood as Multimedia Learning which as a method uses a pictorial presentation of verbal information. On the one hand, this has the advantage of dual coding of the learning matter; on the other, two codes and a complex technique may inhibit learning by causing high Cognitive Load (e.g. Baddeley 1992). CM may help learners to arrange individual knowledge meaningfully. Any handling of complex technique may cause additional demand on the limited information capacity of a working memory's mental activity labelled as Cognitive Load (e.g. Tarmizi and Sweller 1988; Baddeley 1992; Sweller 2006).

Mayer (2001) described learners as dual encoders with limited capacity (on the basis of the theory of Paivio 1986 [1971]) who actively process information in order to integrate it meaningfully into their existing knowledge. Mayer pointed in his "Generative Theory of Multimedia Learning" (2001) to a specific working capacity which is needed both to integrate new information and to handle the instructions. Sweller, Merriënboer, and Paas (1998) assumed three CL components: (1) an intrinsic load caused by the content complexity, (2) extraneous load caused by the instructional mode and (3) germane load necessary for individually processing information towards long-term memory (Figure 4). As all three components are assumed to be additive (Sweller 2006) an increase of component (1) and/or (2) without decrease of the other may cause Cognitive Overload. An available capacity for (3) germane load would be reduced and consequently cognitive learning of the subject matter declined. Applied to the CL theory (1) intrinsic load is the subject matter and (2) extraneous load is referring to the lesson concept mapping.

The error F6 is a content dependent technical error. This could be explained by the occurrence of cognitive overload as subject matter (B) was more difficult, i.e. (B) caused higher intrinsic load. A further indication for higher cognitive load in subject matter (B) is the minor learning success in subject matter (B) compared with (A).

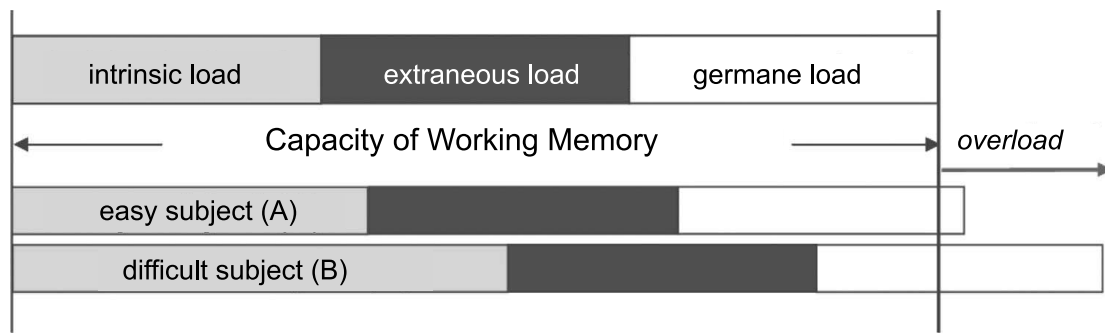


Figure 4. Model of the limited Capacity of Working Memory (redrawn from Sweller, Merriënboer and Paas 1998) with example for low (A) and high (B) intrinsic load.

Implementation at school

Our study points to an acceptance of CM of young students that may benefit from CM within consolidation phases, e.g. provided in a homework frame. Additionally, with new understanding of students' difficulties we found ways to prevent beginners' typical errors in constructing CMs. CMap may be introduced early in an educational career, as study habits develop at this age (Kinchin, Hay, and Adams 2000). On the one hand, CM promotes complex thinking with a sense for complex coherences; traditional learning concentrates on linear sequences of topics, ignoring cross-links and coherences. On the other hand, older learners with already established study habits may have difficulties to open their minds to highly integrated network thinking.

From the recent PISA study we know that students in Germany often do not have sufficient verbalisation and text comprehension skills (Prenzel et al. 2007). A regular use of CMaps could support students to overcome deficits in these important skills.

Although students felt competent, they had various difficulties with the method of concept mapping. Some additional feedback units about the rules of CM will enable students to create complex CMs. The explanation of typical errors with examples, e.g. based on the model of Figure 2, will be helpful for clarification. CM is a meta-cognitive and communicative tool in line with constructivism. As CM promotes mental interaction of new material with previous knowledge, it promotes learning: learners become aware of interferences of newly acquired knowledge with old concepts. These can be actively processed and transferred to long-term memory. This meta-cognitive learning may operate, if students can actively work with their CMaps that should be used for further discussion in the classroom (Cannella and Reiff 1994). Without discussion a CMap is like a question ignored by the teacher (Cannella and Reiff 1994). This will certainly frustrate students. As the errors are typical for the content, CM application could be an adequate consolidation phase revealing specific knowledge gaps. But a correction in a sense of grading of CMaps may negatively interfere with this creative, constructivist, meta-cognitive learning (Kinchin, Hay, and Adams 2000). Thus, the knowledge gaps could give teachers a guideline for the further schedule close to the students' needs.

Further studies

Further studies should compare the effect of different consolidation methods with subject matters of varying difficulty to vary both the intrinsic and the extraneous load.

Verbalisation skills of students should also be monitored in order to understand the specific problems when the technique of CM is administered. To understand whether cognitive overload may affect CM, in further studies we intend to include Sweller's (2006) specific Cognitive Load measure.

Acknowledgements

The study was supported by the University of Bayreuth. We appreciate the cooperation of all participating students and teachers. The manuscript has greatly benefited from comments and suggestions by M. Wiseman.

Notes on contributors

Cathérine Conradt is PhD student in the research project "Learning Emotions with Computer Aided Learning Environments" at the Centre of Maths and Science Education (Z-MNU), University of Bayreuth, Germany. She did her Master's in biology at LMU, Munich.

Franz X. Bogner is professor on the Bavarian chair of biology didactics at the University of Bayreuth, Germany. He is also head of the Centre of Math and Science Education (Z-MNU). His research interests concentrate on educational issues including environmental, health and experimental hands-on education.

References

- Ausubel, D.P. 1968. *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Baddeley, A. 1992. Working memory. *Science* 255: 556–9.
- Bortz, J., and N. Döring. 1995. *Forschungsmethoden und evaluation* [Research methods and evaluation]. Berlin/Heidelberg/New York: Springer.
- Cannella, G.S., and J.C. Reiff. 1994. Individual constructivists teacher education: Teachers as empowered learners. *Teacher Education Quarterly* 21, no. 3: 549–61.
- Collins, A.M., and M.R. Quillian. 1972. How to make a language user. In *Organization of memory*, ed. E. Tulving and W. Donaldson, 309–51. New York: Academic Press.
- Ingenkamp, K. 1992. *Lehrbuch der pädagogischen diagnostik* (Studienausgabe) [Handbook of pedagogical diagnostics – students' edition]. Weinheim/Basel: Beltz Verlag.
- Kinchin, M., D.B. Hay, and A. Adams. 2000. How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research* 42, no. 1: 43–57.
- Lienert, G.A., and U. Raatz. 1998. *Testaufbau und testanalyse* [Construction and analysis of tests]. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Mayer, R.E. 1997. Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist* 32, no. 1: 1–19.
- Mayer, R.E. 2001. *Multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Novak, J.D., and A.J. Cañas. 2006. *The theory underlying concept maps and how to construct and use them*. Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition.
- Novak, J.D., and D.B. Gowin. 1984. *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Nückles, M., J. Gurlitt, T. Pabst, and A. Renkl. 2004. *Mind maps und concept maps: Visualisieren – organisieren – kommunizieren* [Mind maps and concept maps: Visualisation – organisation – communication]. München: Beck-Wirtschaftsberater im dtv.
- Paivio, A. 1986 [1971]. *Mental representations: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
- Prenzel, M., C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, E. Klieme, and R. Pekrun, eds. 2007. *PISA 2006: Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* [PISA 2006: Results of the 3rd international comparative study]. Münster: Waxmann.

- Rost, J. 1996. *Lehrbuch testtheorie, testkonstruktion* [Handbook: Classical test theory, test construction]. Göttingen: Verlag Hans Huber.
- Scharfenberg, F.-J., F.-X. Bogner, and S. Klautke. 2007. Learning in a gene technology lab with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 35, no. 1: 28–39.
- Scherner, M. 1989. Zur kognitionswissenschaftlichen modellierung des textverstehens: Anmerkungen, fragen und perspektiven aus sprachwissenschaftlicher Sicht [About models of text understanding in Cognitive Science from a linguistic perspective: Annotations, questions and perspectives]. *Zeitschrift für Germanistische Linguistik* 17/89: 94–102.
- Schnotz, W. 1994. *Aufbau von wissensstrukturen: Untersuchungen zur kohärenzbildung bei wissenserwerb mit texten* [Construction of knowledge structures: Analysis of coherences in cognitive learning with texts]. Weinheim: Beltz.
- Slotte, V., and K. Lonka. 1999. Spontaneous concept maps aiding the understanding of scientific concepts. *International Journal of Science Education* 21, no. 5: 515–31.
- Smith, E.P. 2002. BACI design. *Encyclopedia of Environmetrics* 1: 141–8.
- Sweller, J. 2006. How the human cognitive system deals with complexity. In *Handling complexity in learning environments: Theory and research*, ed. J. Elen and R. Clark, 13–25. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
- Sweller, J., J.V. Merrienboer, and F. Paas. 1998. Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review* 10: 251–96.
- Tarmizi, R.A., and J. Sweller. 1988. Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology* 80, no. 4: 424–36.
- Zöfel, P. 2002. *Statistik verstehen: Ein Begleitbuch zur computerunterstützten Anwendung* [Statistical comprehension: A handbook for computer-aided application]. München: Addison-Wesley.

Evaluation programme

Mannheimer Netzwerk Elaborations Technik MaNet Version 1.6.1.

© Mannheim Research Company MaResCom GmbH www.marescom.net

7.4 Teilarbeit D

D **Conradty** & Bogner

**Knowledge presented in Concept Maps: Correlations with conventional
cognitive knowledge tests**

Educational Studies, Volume 38, Issue 03

in press, 2011

Knowledge presented in concept maps: correlations with conventional cognitive knowledge tests

C. Conradty* and F.X. Bogner

Z-MNU (Centre of Maths and Science Education), University of Bayreuth, Bayreuth, Germany

(Received 12 June 2011; final version received 6 November 2011)

Our study focuses on the correlation of concept map (CMap) structures and learning success tested with short answer tests, taking into particular account the complexity of the subject matter. Novice sixth grade students created CMaps about two subject matters of varying difficulty. The correlation of the complexity of CMaps with the post-test was small but highly significant in both subject matters. The complexity of the CMaps correlated with the long-term knowledge in the difficult subject matter but not in the context of the easy one. Furthermore, the high number of technical errors makes it close to impossible to estimate students' knowledge. In summary, CMaps do not provide an adequate alternative to conventional short answer knowledge tests, but together with them they may offer a better comprehension of a student's knowledge structure and aid in the preparation of further instruction tailored to individual needs.

Keywords: concept mapping; first implementation; knowledge test; science education; conceptual change; knowledge structure

1. Introduction

The present work analyses the applicability of concept mapping (CM) as a tool for evaluating students' knowledge by comparing knowledge represented in concept maps (CMaps) with results of conventional knowledge tests in a multiple-choice format.

1.1. CMaps in school

A CMap is a diagram with nodes representing concepts such as ideas, images or words, connected with each other by a labelled arrow describing the relation between the concepts (Figure 1). This representation is similar to a road map with locations and connecting roads. CM is discussed as a helpful learning tool, because the structure of a CMap seems to reflect the mental presentation of knowledge, as Collins and Quillian (1972) found in their studies of "semantic memory" or the mental organisation of information, as Ausubel describes in his "assimilation theory of cognitive learning" (Ausubel, Novak, and Hanesian 1978; Novak and Cañas 2006).

Because science education deals with complex, interdisciplinary subject matter with a variety of concepts, within this context CM is particularly interesting as a

*Corresponding author. Email: Catherine.Conradty@uni-bayreuth.de

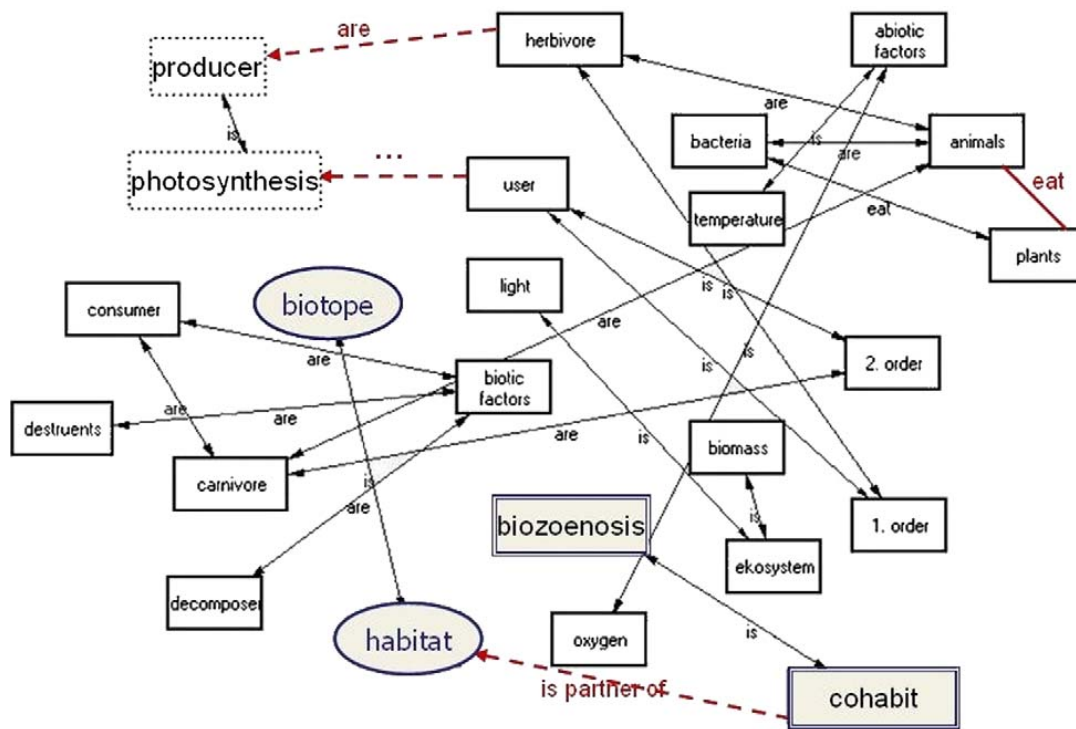


Figure 1. Examples for digitised CMap about subject (B) “Ecosystem Lake” annotation: dotted arrow = wrong links in respect to content; arrow = wrong link in respect to method; round/spotted/dobble frame = items of subnets.

tool for a visual presentation of coherences (Novak 1995). CMaps can help to understand complicated conceptions, for example in ecology, which are often difficult to penetrate cognitively. For a meaningful understanding students need a networked thinking (Vester 2002), which is why CM is regarded as an adequate educational tool with the special possibility of training conceptual learning (Mintzes, Wandersee, and Novak 1997). It has been evaluated as a method for both learning (Slotte and Lonka 1999) and illustrative instruction (Toth, Suthers, and Lesgold 2002). Learning with previously constructed CMaps is especially helpful for students with low reading comprehension skills or with hardly any pre-knowledge about the subject matter (Rewey et al. 1989; Amer 1994; O’Donnell, Dansereau, and Hall 2002).

Creating a CMap by finding connections between different concepts helps learners in the active metacognitive progress of long-term knowledge. This is an essential part of meaningful learning. The complexity level of CMaps indicates the level of understanding and apprehending of scientific texts (Slotte and Lonka 1999). Moreover, the capacity to structure knowledge is itself an indicator of competence (Glaser and Bassok 1989). CM is an interesting tool for learners both as an instruction tool and for organisation of their own knowledge. For teachers it is difficult to analyse students’ CMaps, although various approaches have been developed for assessing the quality of CMap structure, and hence the mental ability of the constructor (Novak and Gowin 1984; McClure and Bell 1990; Kinchin, Hay, and Adams 2000; Schaal 2006; Gerstner and Bogner 2009). The focus of this study is to find a method for teachers to analyse their students’ CMaps quickly.

1.2. The multimedia tool of CM

Learners are dual encoders with limited capacity who actively process information in order to integrate it meaningfully into their existing knowledge (Mayer 2001). This active form of learning is provided with CM that can be understood as multimedia learning using a pictorial presentation of verbal information (Mayer 2001). On the one hand, this has the advantage of dual coding of the learning matter (Paivio 1971). On the other hand, constructing a CMap needs metacognitive processes, that may help learners to arrange individual knowledge meaningfully.

However, two codes and additionally a complex technique may inhibit learning success, because the requirements of any learning method may cause additional demand on the limited capacity of working memory's mental activity labelled "Cognitive Load" (CL) (e.g. Tarmizi and Sweller 1988; Baddeley 1992; Sweller 2006). Working memory is needed both to integrate new information and to handle the instructions. Sweller, Merrienboer, and Paas (1998) assumed three CL components: (i) an intrinsic load caused by content complexity, (ii) extraneous load caused by the instructional mode and (iii) germane load necessary for individually processing information and passing it on to long-term memory. As all three components are assumed to be additive (Sweller 2006), an increase of component (i) and/or (ii) without decrease of the other component may cause Cognitive Overload. The available capacity for (iii) germane load would be reduced and consequently cognitive learning of the subject matter would decline. In the present study, we analyse the effect of varied intrinsic load on learning success and CM with two differently complex subject matters.

1.3. CMaps: state of the art

As CM was developed to portray the emerging knowledge of children (Novak and Gowin 1984), its usefulness for evaluating learners' concepts is obvious (Ruiz-Primo and Shavelson 1996). CMaps reflect newly acquired individual knowledge (Stracke 2004). In this context, CM is often discussed as an appropriate method of knowledge testing (Novak and Gowin 1984; Horn and Mikelskis 2003; Schaal 2006), especially because young students enjoy demonstrating their concepts in this creative way (Stice and Alvarez 1987; Conradty and Bogner 2010).

The combination of CM and knowledge tests for receiving information about students' knowledge is not unfamiliar. After introducing CM, Willerman and MacHarg (1991) examined pupils' gain in knowledge by using a cognitive knowledge test. Heinze-Fry and Novak (1990) investigated students' knowledge achievement after CM with a post- and delayed post-test design. Dhlberg and Ahoranta (2008) propose the use of both short answer knowledge tests and CMaps for a better comprehension of students' learning achievements.

As the constructor of a CMap needs to understand the relationship between concepts, only complex knowledge should be found in the CM. There should be a correlation of CMaps and knowledge tests that is even stronger with long-term memory tests, as knowledge presented in CMaps is linked and meaningful.

Knowledge represented in a conventional knowledge tests with short answer format and knowledge in a CMap does not hold the same level but depends on each other. Multiple-choice questionnaires provide aided recall, as one of the offered answers is correct. Learning for such tests may result in rote learning, whereas CM

provides meaningful learning, because newly acquired knowledge has to be reorganized for the construction of the CMap (Novak and Gowin 1984; Novak 1990).

1.4. Research questions

In this article, we analysed the correlation of scores reflecting the complexity of CMaps with cognitive knowledge tests taking into account the difficulty of the subject matter. Our hypothesis was:

- I. The complexity of a CMap correlates with newly acquired knowledge, presented in short answer knowledge test sum scores.
- II. Knowledge reflected in CMaps is meaningful and consequently long lasting. Accordingly, the complexity of a CMap correlates with long-term knowledge, presented in short answer knowledge test sum scores, tested six weeks later.
- III. This correlation of CMap complexity and knowledge test sum score depends on the grade of difficulty of the subject matter.
- IV. Technical errors cause an underestimation of knowledge, as presented in CMaps.

2. Methodology

Our study was conducted in ten high school classes of the highest stratification level (Gymnasium) in Bavaria, Germany. We selected novice sixth grade students ($N=283$). The participants' mean age was 12.56 (SD=0.08) years. The gender distribution was by chance perfectly balanced.

In order to reduce teacher effects, a single teacher previously unknown to all students tutored all lessons (cf. Table 1). To standardise the pre-lesson, a computer-aided learning unit was implemented, with CM introduced as a consolidation phase by

Table 1. Quasi experimental design^a of the study.

Group	Instruction ($n = 283$)	Control ($n = 56$)
Pre-test	K1 Delay (two weeks)	K1
Computer-aided pre-lesson		
10 min	Introduction Cal	
60 min	Cal (A): "Polliwog to Frog"	
60 min	Cal (B): "Ecosystem Lake"	
CM		
15 min	Introduction of the technique	
35 min	CM (A)	
35 min	CM (B)	
Post-test	K2 Delay (six weeks)	K2
Retention test	K3	K3

Note: ^aThis design implied a one-way multivariate analysis of variance with repeated measures which had to be rejected on the grounds of the non-normal distribution of variables.

recapitulating the material learned computer-aided. The cohort already had sufficient experience with computers because informatics is part of the regular syllabus but they had no experiences with CM. We decided in favour of groups of two students assembled by participants' choice, because several studies have reported that cooperative CM resulted in higher achievement scores than that realised by students who constructed their CMaps individually (Okebukola and Jegede 1989; Okebukola 1992).

To analyse the effect of the complexity of the subject matter, students constructed CMaps about two varying difficult subjects. The difficulty of the subject matter was defined in the following way: we presume that the less pre-knowledge is provided, the more difficult it is to learn more (Mayer 2001), thus the more difficult the subject is. Furthermore we expected subject (A) to be easier as students have already had hands-on experience with it. Due to the curriculum, subject (B) should be new to the age-group. Additionally, the content is quite abstract and included Latin terms.

The pre-lesson students worked cooperatively with autonomous computer-aided instruction for 60 min on each subject matter (Table 1). The first (moderate) module (A) "From Polliwog to Frog" highlighted the following topics: (a) relationship of body and mode of life (physique, living in the course of the year), (b) food relationships, (c) reproduction and development, (d) endangerment and conservation issues related to the species and (e) hands-on experiments to support abstract rational thinking skills. The second (complex) module (B) "Ecosystem Lake" incorporated a higher difficulty level and highlighted the following subjects: (a) basic concepts of ecology, (b) plants (prominence and function of photosynthesis), (c) energy conversion and respiration, (d) food webs, (e) information about several fascinating animals to create awareness of the need for protection (more examples for the relation of physiques and mode of life) and (f) endangerment and conservation of ecosystems. A workbook with questions provided a guide through the lesson. All students were requested to complete their own workbook autonomously. There was no additional teacher support needed, except when technical problems of the in-school computer network appeared.

For the introduction of the technique of CM the novice students produced a CM about a general well-known example unrelated to our subject content in a separate 15 min preface under teacher supervision. Students then created individual CMaps about subject (A) and subsequently (B). For each subject 35 min were available. All items for the CM were predefined (Table 2), presumably thus reducing CL (Nückles et al. 2004). Furthermore, predefined items may support CM validation, as the same

Table 2. Pre-defined items of subject (A) "Polliwog to Frog" and (B) "Ecosystem Lake".

Polliwog	Larva of frogs	Spawn	Eggs	Cluster	Mating
<i>(A) Polliwog to Frog</i>					
March	Metamorphosis	Gills	Lung	Insects	Algae
Foreleg	Hind Leg	Singing	Frog	Brood care	Tail
<i>(B) Ecosystem Lake</i>					
Cohabitat	Biocoenosis	Temperature	Biotope	Oxygen	Consumer
Herbivore	Abiotic factors	Biotic factors	Bacteria	Biomass	Producer
Carnivore	Photosynthesis	Decomposer	Animals	Light	
First order	Second order	Ecosystem	Plants	Habitat	User

number and kind of items are available. Linking phrases, connecting two items, were not predefined (Figure 1).

In order to test student's pre-knowledge, short-term and long-term learning success, a multiple-choice knowledge test with three distractors and one correct answer was applied three times: one week before the instruction (pre-test, K1), immediately after the instruction (post-test, K2) and six weeks after the instruction (retention-test, K3), Table 1. For the item set an expert rating was employed. To control test effects our quasi-experimental BACI design (Smith 2002) included a control group ($n=56$), not participating in the treatments but filling in the knowledge tests.

We tested learning achievements using two different methods of knowledge testing: (i) traditional knowledge test in multiple-choice format and (ii) knowledge represented in CMaps. To analyse the applicability of CM for knowledge testing, we correlated both K2 and K3 with the scores derived from CMaps. As there could be differences in learning achievements and learning style dependent on the complexity of the subject matter all students had lessons, CMs and tests on an easy and a difficult subject matter.

2.1. Analysis

For statistical analyses we used SPSS 14.0 and SPSS 16.0. The hand-drawn CMaps were digitalised with Mannheimer Netzwerk Elaborations Technik MaNet Version 1.6.1. ©Mannheim Research Company MaResCom GmbH www.marescom.net.

2.2. Analyse of knowledge test

Previous knowledge levels and changes in knowledge were measured by means of pre-test (K1) scores, applied two weeks before lesson participation, and a post-test (K2) immediately after the lesson and a retention test six weeks later (Table 1). To guarantee content validity, items were constructed according to the learning goals of the syllabus-based intervention. Seventeen items in multiple-choice format with four possible response options were applied by providing three distractors and one correct answer (see examples, Table 3). Thus, the pure guessing probability was 0.25.

Item difficulties, defined as percentage of correct answers, should range between 0.2 and 0.8. (Bortz and Döring 1995). Items outside of this range were discarded. The Corrected Item–Total Correlation met the +0.2 to +0.5 range. Generally, knowl-

Table 3. Examples for multiple choice questionnaires.

Subject matter	Question	Multiple-choice distractors
(a) "Polliwog to Frog"	How is the larva's transformation into the mature animal named?	<input type="checkbox"/> Puberty <input type="checkbox"/> Maturing <input type="checkbox"/> Metamorphosis <input type="checkbox"/> Metabolism
(b) "Ecosystem Lake"	What is a destruent?	<input type="checkbox"/> Pike <input type="checkbox"/> Algae <input type="checkbox"/> Microorganisms, producing oxygen <input type="checkbox"/> Microorganisms, decomposing dead material

edge tests are difficult to test for reliability, especially with low test results. Our participants had low results in K1 (sum score $M=8.3$ of 17) with 58.7% correct answers in subject (A) and 42.7% in subject (B), but reliability was still acceptable with Cronbach's $\alpha=0.6$ (Lienert and Raatz 1998). Within K2 as well as K3 reliability scores reached higher values of $\alpha=0.75$. Split by the two subject matters the reliability values remained acceptable with an $\alpha=0.65$ for both subject matters. Due to a non-normal distribution of our knowledge sum scores (Shapiro–Wilk $p<0.0001$), we applied non-parametric tests. Knowledge items were scored as correct (1 point) or incorrect (0 point) and analysed as sum scores. Significance of learning success was calculated with Wilcoxon signed-rank test and correlations between knowledge tests and CM factors with Spearman's rho.

Analysis of CMaps

The maximal complexity is the total number of connections the student created in a CMap. Students made several types of errors in their CMaps, as a result both of technical reasons and of misconceptions (Conradty and Bogner 2010). After deletion of these incorrect relations the remaining connections form the actual complexity (AC). The corrected actual complexity (CAC) is the complexity after deletion of all relations incorrect with regard to the content. Errors in respect of technique were not deleted. We also counted the number of mistakes and subnets, i.e. nets without connection to each other within the CMap (Figure 1). In this study, a perfect CMap has only one net. To evaluate the applicability of CMaps for knowledge testing we correlated the knowledge test sum scores with the number of subnets and the complexity of corrected CMaps without wrong connections. Although the total number of connections could be an indication of the concepts of the student, wrong connections reveal misconceptions, which is why the original CMap cannot be compared with knowledge test sum scores.

3. Results

3.1. Preconditions

Pre-, post- and retention-tests reveal that all students gained cognitive knowledge about both subject matters (Wilcoxon $p<0.0001$).

A multiple-choice test with four alternatives has a guessing probability of 25%, so that results higher than 50% indicate knowledge. The pre-test verifies sufficient previous knowledge about subject (A) (mean score 58%), but hardly any about subject (B) (mean score 39%). Due to these findings we distinguish between the subjects as (A) easy and (B) complex.

3.2. Analysis of CMaps

Fifty-nine per cent of the CMaps of subject (A) showed less than six mistakes with a median of five. Only 27% of the CMaps of subject (B) were almost correct. Sixty-three per cent of them contained 6–25 mistakes with a median of eight mistakes (Figure 2). The median of AC of the CMaps is 13 for subject (A) and 11 for subject (B), Figure 3. By ignoring technical errors the CAC is higher with a median of 14 for subject (A) and 14.5 for subject (B). The experts' CMaps had a complexity of 28 (A) and 32 (B), respectively. The median of subnets per CMap is five for subject (A) and a large 13 subnets for subject (B), Figure 4.

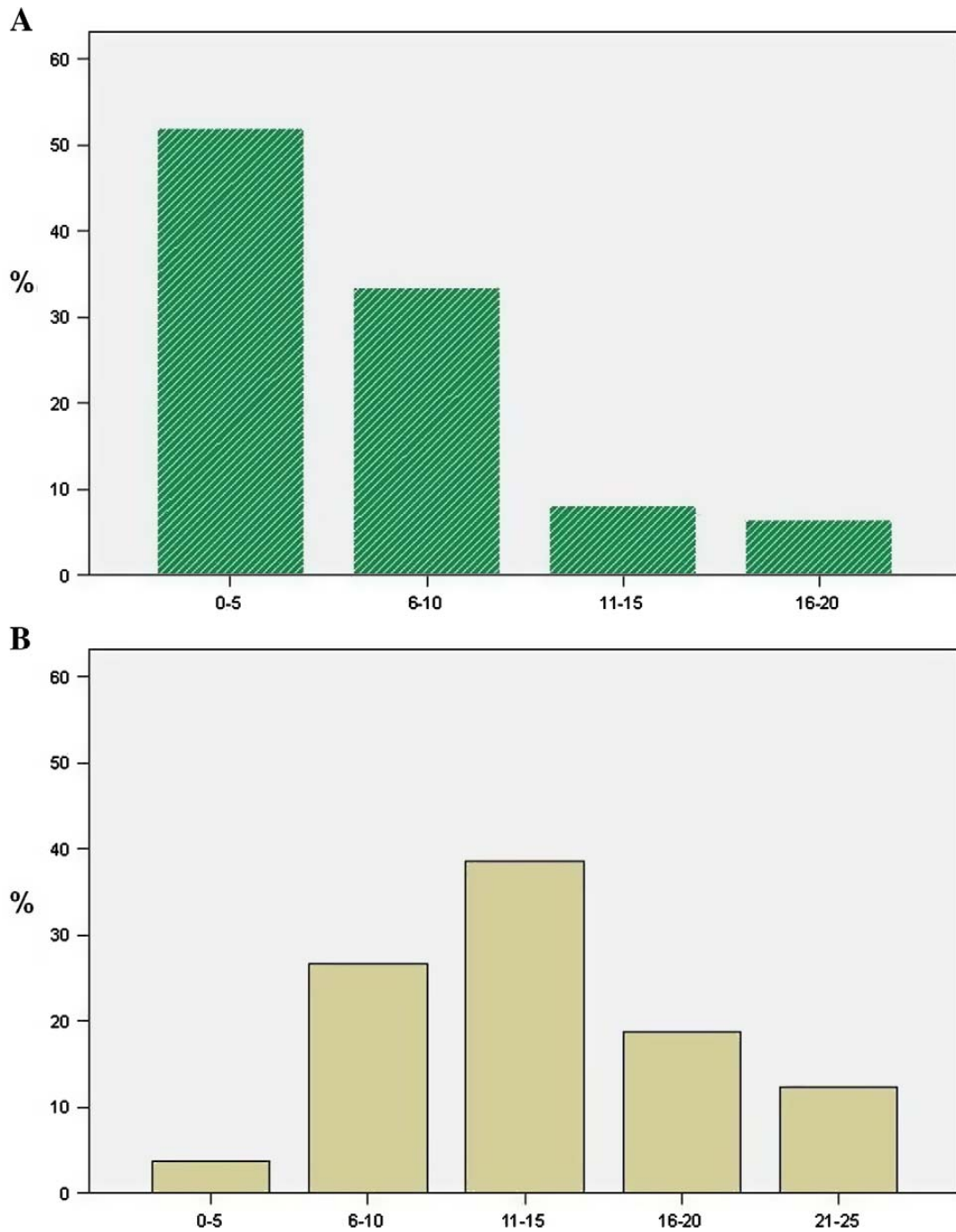


Figure 2. Percentage of number of errors per CMap. (A) Easy and (B) complex subject matter.

3.3. Correlation of CMaps and knowledge test

The correlation of AC and post-tests K2 is highly significant as is that with the CAC without deletion of technical errors (Table 4). However, the correlations with the post-tests are weak with coefficients about 0.2 (Table 4). The correlations of AC and CAC with K3 are also weak and hardly significant in subject (A), but still highly significant with subject (B). Significant correlations with other aspects of CMap quality such as number of subnets with cognitive tests were not found.

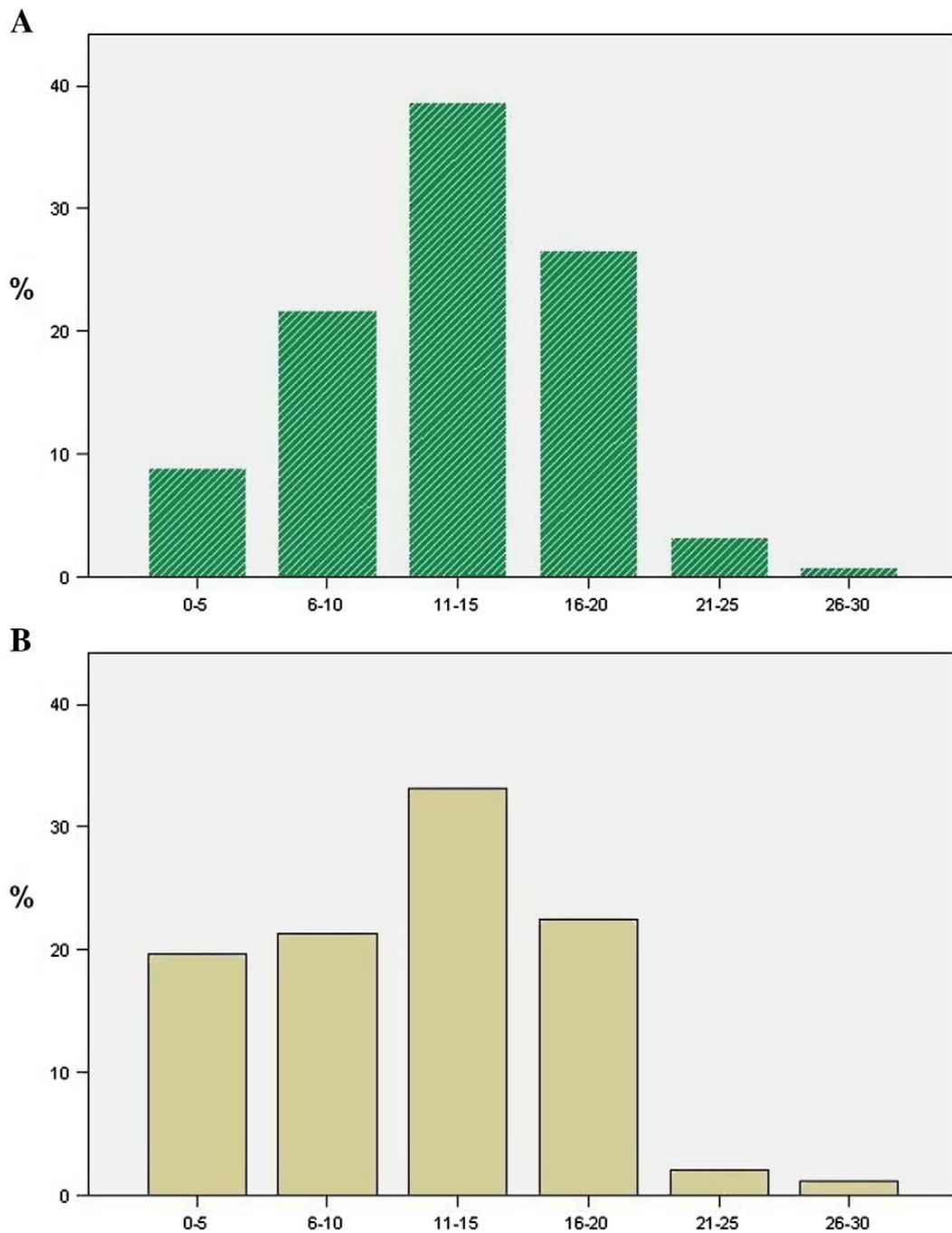


Figure 3. Percentage of AC. (A) Easy and (B) complex subject matter.

4. Discussion

4.1. Subject difficulty

The subjects were of varying difficulty, as students had less pre-knowledge and cognitive achievements in subject matter (B) that was the curriculum of an older age-group and included Latin terms.

Quantitative analysis

The more difficult the subject matter, the more mistakes were made and thereby more subnets combined with a lower AC were generated in the CMaps. The easier

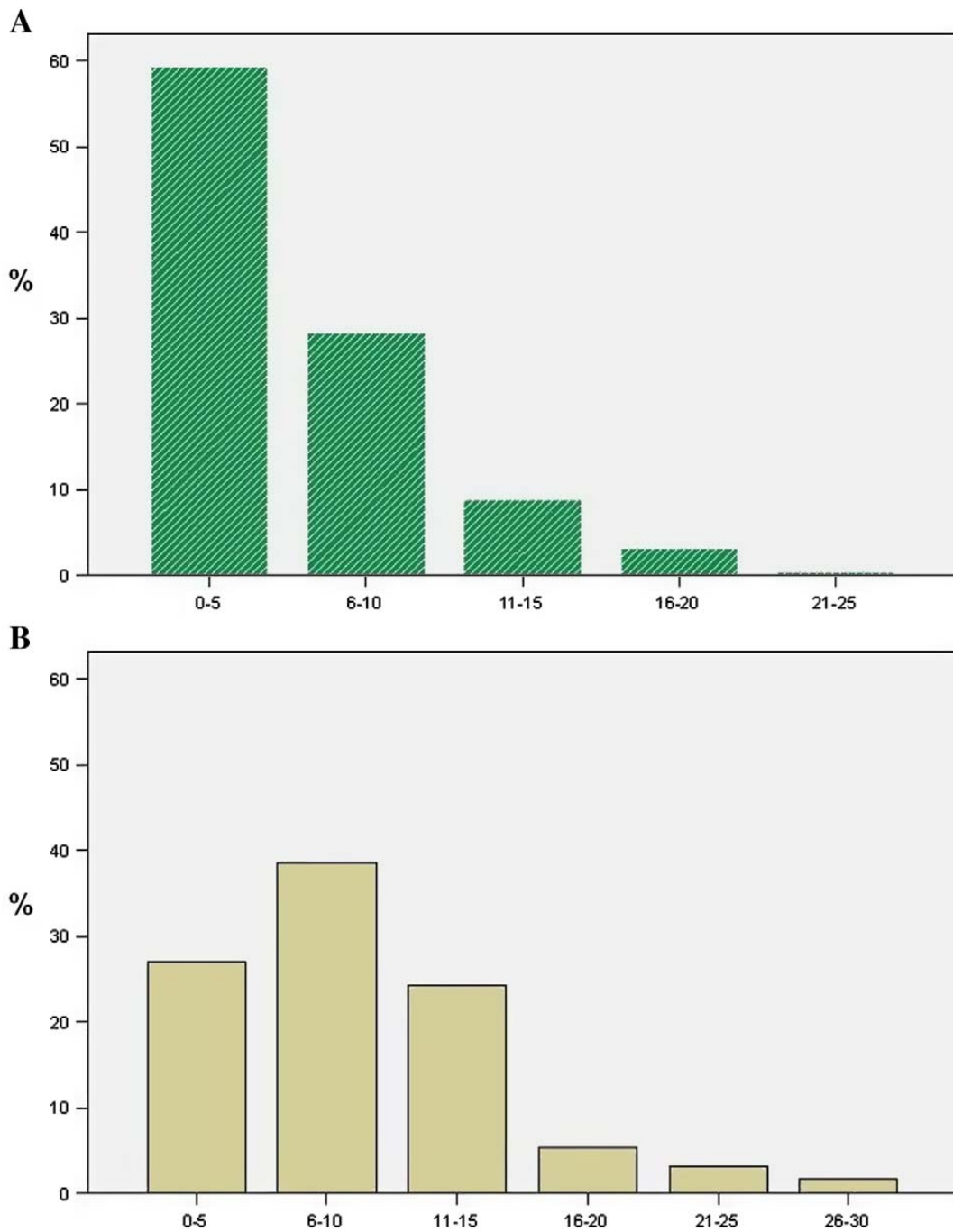


Figure 4. Percentage of number of subnets per CMap. (A) Easy and (B) complex subject matter.

the subject, the fewer the mistakes and subnets and higher AC were observed. These results indicate that pre-knowledge is essential for learning, as explained by Ausubel's cognitive assimilation theory (Ausubel 1968; Novak and Gowin 1984). Because (B) was more complicated also due to including Latin terms and a high number of items (Nückles et al. 2004; Scharfenberg, Bogner, and Klautke 2007), a high CL might have existed (Baddeley 1992).

After deleting technical errors, the CAC was higher in (B) than in (A). This is comparable to the experts' CMaps that were also more complex in (B) than in (A).

Table 4. Spearman's rho of knowledge tests K2/K3 and AC/CAC of CMaps.

Subject matter	Complexity	Correlation	K2	K3
(A) Easy	AC	Correlation coefficient	0.20	0.13
		Sig. (two-tailed)	0.002	0.05
	CAC	Correlation coefficient	0.21	0.12
		Sig. (two-tailed)	0.001	0.05
(B) Complex	AC	Correlation coefficient	0.27	0.22
		Sig. (two-tailed)	0.000	0.000
	CAC	Correlation coefficient	0.30	0.20
		Sig. (two-tailed)	0.000	0.002

Notes: AC = actual complexity; CAC = corrected AC; K2 = post-test; K3 = retention-test.

This indicates AC underestimating students' knowledge but CAC fitting in well. We reach the same conclusion on the basis of the correlation of AC and CAC with knowledge sum scores. That CAC correlates better with K2 than AC in both the easy and the difficult subject indicates an overestimation of errors or rather an underestimation of the student's illustrated knowledge with the AC, simply because of technical errors. Therefore, CM could be a promising method for knowledge testing if students are conversant with the technique: a little initial training and a second corrective introduction to CM is needed to eliminate technical errors. Students and their teacher have to use the same CM "code": rules for arrows and their labelling must be standardised similar to grammar. Common mistakes in labelling could be figured out with examples of frequently made errors, e.g. the list of Conradty and Bogner (2010).

In spite of the difficulty of subject (B) the correlation of CAC was significant with K3 about subject (B), but not about (A). This indicates that knowledge about the difficult subject matter was limited, but consistent, whereas knowledge about the easy subject matter was lost within six weeks. This is in contrast to Kinchin, Hay, and Adams (2000), who found that the quality of CMaps indicates quality of the retention knowledge tests. In the present study this is given in the complex subject matter (B) but not in the easy one. This may indicate that students learnt less but meaningfully about the difficult topic.

5. Conclusion

CMaps very likely are capable of representing students' knowledge; however, under the conditions of the present study, CMaps are no substitute for conventional (short answer) knowledge tests. Difficult subject matters appear to cause an increase in CM errors, resulting in an underestimation of cognitive knowledge. The correlation of knowledge tests with AC and CAC respectively are highly significant, but weak. This is consistent with Novak, Gowin, and Johansen (1983). A CMap reflects the knowledge of its draughtsman. The CAC – without deletion of technical errors – correlates even better. This suggests CAC could represent cognitive knowledge of the subject whereas the AC mainly represents the ability of CM.

However, quite contrary to our expectations, the correlations of long-term knowledge tests with (C) AC disappeared in the easy topic. Too many factors exist aside from the subject knowledge, such as verbal ability, that may affect the ability

to handle CMaps, especially after a computer-aided pre lesson as approached in the present study. Students may have difficulties in structuring and integrating information provided by hypertext in an appropriate way in the CMap (Reader and Hammond 1994). As Britt and colleagues described, learners often cannot integrate information from multiple texts (Britt et al. 1999). Although students did not create CMaps but learned with them, Hilbert and Renkl (2008) found that participants in the cluster with the lowest learning outcome had significantly worse verbal abilities than learners in the cluster with the best learning outcome. Further research is needed to focus on the effect of verbal abilities on CM and learning with CM.

In natural science education, conceptual change seems to be a helpful method of instruction. For instance, a specific counsel of Ausubel to teachers simply was: “The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach accordingly” (Ausubel 1968). Students already own conceptions about their environment, though they probably might not be scientifically correct. CM may be a helpful technique to facilitate conceptual change, as students have an overview of their misconceptions. Furthermore, CM provides meaningful learning. Especially following hypermedia and computer aided learning instructions CM could be a useful tool to foster learning (Hilbert and Renkl 2008).

As an evaluation technique for students’ newly acquired knowledge in terms of marking students it may not be appropriate. However, for an effective instruction a better comprehension of students’ knowledge is helpful. Therefore, we think the consideration of both, CM results and short answer tests, can be complementary and a worthwhile tool for both learners and teacher, just as Åhlberg and Ahoranta (2008) had recommended to teachers.

Acknowledgements

The study was supported by the University of Bayreuth. We are extremely grateful to all the students and teachers who participated in this study. The manuscript has greatly benefited from comments and suggestions by Sabine Gerstner and M. Wiseman.

Notes on contributors

Cathérine Conradty is a PhD student at the Centre of Maths and Science Education (Z-MNU) at the University of Bayreuth, in the research project “Learning emotions with Computer Aided Learning environments”. Degree: B-Biology, M-Biology (LMU, Munich).

Franz X. Bogner is a professor on the Bavarian chair of Biology Didactics at the University of Bayreuth, Germany. He is also head of the Centre of Math and Science Education (Z-MNU). His research interests concentrate on educational issues including environmental, health and experimental hands-on education.

References

- Åhlberg, M., and V. Ahoranta. 2008. Concept maps and short-answer tests: Probing pupils’ learning and cognitive structure. In *Proceedings of the third international conference on concept mapping*, ed. A.J. Cañas, P.R. Reiska, M. Åhlberg, and J.D. Novak, 260–7. Pölisamaa: OÜ Vali Press.
- Amer, A.A. 1994. The effect of knowledge-map and underlining training on the reading comprehension of scientific texts. *English Specific Purposes* 13: 35–45.
- Ausubel, D.P. 1968. *Educational psychology: A cognitive view*. New York, NY: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D.P., J.D. Novak, and H. Hanesian. 1978. *Educational psychology: A cognitive view*. New York, NY: Holt, Rinehart and Winston.
- Baddeley, A. 1992. Working memory. *Science* 255: 556–9.

- Bortz, J., and N. Döring. 1995. *Forschungsmethoden und Evaluation* [Research methods and evaluation]. Berlin: Springer.
- Britt, M.A., C.A. Perfetti, R. Sandak, and J.-F. Rouet. 1999. Content integration and source separation in learning from multiple texts. In *Narrative comprehension, causality, and coherence. Essays in honor of Tom Trabasso*, ed. S.R. Goldman, A.C. Graesser, and P. van den Broek, 209–33. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Collins, A.M., and M.R. Quillian. 1972. How to make a language user. In *Organization of memory*, ed. E. Tulving and W. Donaldson, 309–51. New York, NY: Academic Press.
- Conradt, C., and F.X. Bogner. 2010. Implementation of concept mapping to novices: Reasons of errors, a matter of technique or content? *Educational Studies* 36, no. 1: 47–58.
- Gerstner, S., and F.X. Bogner. 2009. Concept map structure, gender and teaching methods: An investigation of students' science learning. *Educational Research* 51, no. 4: 425–38.
- Glaser, R., and M. Bassok. 1989. Learning theory and the study of instruction. *Annual Review of Psychology* 40: 631–66.
- Heinze-Fry, J.A., and J.D. Novak. 1990. Concept mapping brings long-term movement toward meaningful learning. *Science Education* 74: 461–72.
- Hilbert, T.S., and A. Renkl. 2008. Concept mapping as a follow-up strategy to learning from texts: What characterizes good and poor mappers? *Instructional Science* 36: 53–73.
- Horn, M.E. and H.F. Mikelskis. 2003. *Concept mapping as an instrument for evaluation an instruction union holography*. Noordwijkerhout: ESERA Conference.
- Kinchin, I.M., D.B. Hay, and A. Adams. 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.
- Lienert, G.A., and U. Raatz. 1998. *Testaufbau und testanalyse* [Assembling and analysis of tests]. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Mayer, R.E. 2001. *Multimedia learning*. Cambridge: University Press.
- McClure, J.R., and P.E. Bell. 1990. *Effects of an environmental education-related STS approach instruction on cognitive structures of preservice science teachers* (ERIC Document Reproduction Service No. ED 341 582). University Park, PA: Pennsylvania State University.
- Mintzes, J.J., J.H. Wandersee, and J.D. Novak. 1997. Meaningful learning in science: The human constructivist perspective. In *Handbook of Academic Learning*, ed. G.D. Phye, 405–47. Orlando, FL: Academic Press.
- Novak, J.D. 1990. Concept maps and Vee diagrams: Two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional Science* 19: 29–52.
- Novak, J.D. 1995. Concept maps to facilitate teaching and learning. *Prospects* 25: 95–111.
- Novak, J.D., and A.J. Cañas. 2006. *The theory underlying concept maps and how to construct and use them*. Institute for Human and Machine Cognition.
- Novak, J.D., and D.B. Gowin. 1984. *Learning how to learn*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Novak, J.D., D.B. Gowin, and G.T. Johansen. 1983. The use of concept mapping and knowledge V mapping with junior high school students. *Science Education* 67, no. 5: 625–45.
- Nückles, M., J. Gurlitt, T. Pabst, and A. Renkl. 2004. *Mind maps und concept maps, visualisieren – organisieren – kommunizieren* [Mind map and concept map, visualisation – organisation – communication]. München: dtv.
- O'Donnell, A.M., D.F. Dansereau, and R.H. Hall. 2002. Knowledge maps as scaffolds for cognitive processing. *Educational Psychology Review* 14: 71–86.
- Okebukola, P.A. 1992. Can good concept mappers be good problem solvers in science? *Research in Science & Technological Education* 10: 153–70.
- Okebukola, P.A., and O.J. Jegede. 1989. Students' anxiety towards and perception of difficulty of some biological concepts under the concept-mapping heuristic. *Research in Science & Technological Education* 7: 85–92.
- Paivio, A. 1971. *Imagery and verbal processes*. New York, NY: Holt, Rinehart and Winston.
- Reader, W., and N. Hammond. 1994. Computer-based tools to support learning from hypertext: Concept mapping tools and beyond. *Computers Education* 22: 99–106.

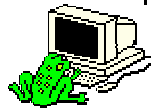
- Rewey, K.L., D.F. Dansereau, L.P. Skaggs, and R.H. Hall. 1989. Effects of scripted cooperation and knowledge maps on the processing of technical material. *Journal of Educational Psychology* 81: 604–9.
- Ruiz-Primo, M.A., and R.J. Shavelson. 1996. Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching* 33: 569–600.
- Schaal, S. 2006. *Fachintegratives Lernen mit neuen Medien* [Subject integrating learning with new media]. Hamburg: Kovac.
- Scharfenberg, F.-J., F.X. Bogner, and S. Klautke. 2007. Learning in a gene technology lab with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 35, no. 1: 28–39.
- Slotte, V., and K. Lonka. 1999. Spontaneous concept maps aiding the understanding of scientific concepts. *International Journal of Science Education* 21, no. 5: 515–31.
- Smith, E.P. 2002. BACI design. *Encyclopedia of Environmetrics* 1: 141–8.
- Stice, C.F., and M.C. Alvarez. 1987. Hierarchical concept mapping in the early grades. *Childhood Education* 64: 86–96.
- Stracke, I. 2004. *Concept Maps zur Wissensdiagnose in Chemie* [Concept maps for diagnosis of knowledge in chemistry]. Münster: Waxmann Verlag GmbH.
- Sweller, J. 2006. How the human cognitive system deals with complexity. In *Handling complexity in learning environments: Theory and research*, ed. J. Elen and R. Clark, 13–25. Amsterdam: Elsevier.
- Sweller, J., J.V. Merrienboer, and F. Paas. 1998. Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review* 10: 251–96.
- Tarmizi, R.A., and J. Sweller. 1988. Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology* 80, no. 4: 424–36.
- Toth, E.E., D.D. Suthers, and A.M. Lesgold. 2002. “Mapping to know”: The effects of representational guidance and reflective assessment in scientific inquiry. *Science Education* 86: 264–86.
- Vester, F. 2002. *Die Kunst vernetzt zu denken – Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität* [The art of networked thinking – Ideas and tools for a new dealing with complexity]. Munic: dtv.
- Willerman, M., and R.A. MacHarg. 1991. The concept map as an advanced organizer. *Journal of Research in Science Teaching* 28: 705–11.

8 Anhang

Es sei hier betont, dass die hier dargestellten Arbeitshefte und Lernmittel nicht den Anspruch erheben, eine perfekte Lerneinheit für den Unterrichtsalltag darzustellen. Sie entsprechen dem Fokus der Arbeit, Lernemotionen und Lernerfolg unter verschiedenen Lernbedingungen, u. a. mit fachlicher Überforderung und mangelnder pädagogischer Anleitung, zu untersuchen. Integriert in angemessenem Unterricht sind Teile der verwendeten Materialien sicherlich erfolgreich nutzbar.

8.1 Studie (I): Anleitung bei Computer gestützter Freiarbeit

8.1.1 Arbeitsheft „Ökologie“









Computer im Unterricht



Dieses Arbeitsheft gehört

Was Du brauchst:

-  dieses Arbeitsheft
-  2 CDs „Ökosystem See“
-  Kopfhörer
-  Stift
-  Kleber
-  Partner

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Dieses Arbeitsheft begleitet dich durch den Projekttag Computer. Lese es sorgfältig mit.

Darin findest Du Erklärungen und Anregungen, selbstständig mit dem Computerprogramm Aufgaben zu lösen.

Gehe die Aufgaben der Reihe nach durch.

Rede (leise!) mit deinem Partner über die Aufgaben, eure Beobachtungen und Meinungen!

Mach Dir Deine eigenen Notizen.

Am Ende der Unterrichtseinheit werden wir alle gemeinsam unsere Ergebnisse diskutieren.

Wie du sicherlich weißt, geht es hier um eine wissenschaftliche Untersuchung. Wir bitten dich daher, auch in diesem Arbeitsheft deinen persönlichen Code einzugeben.

➤ heutiges Datum (z.B. 03.10.07)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
➤ Klasse (z.B. 6c)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
➤ Dein Geburtsmonat (z.B. Juni = 06)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
➤ Dein Geburtsjahr (Achtung! Nicht 2007! ☺)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
➤ 1. und 2. Buchstabe des Vornamens deiner Mutter (z.B. S Abine)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
➤ Du bist ein:	Mädchen	<input type="checkbox"/>	Junge	<input type="checkbox"/>				
➤ Computer-Nummer	<input type="text"/>	<input type="text"/>						

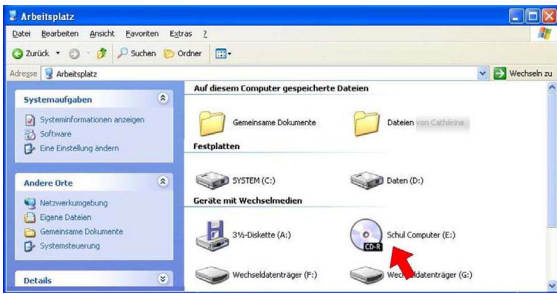


Die Hefte werden später kurz eingesammelt, aber nicht bewertet! Uns interessiert nur, ob wir die Computerprogramme verbessern können.

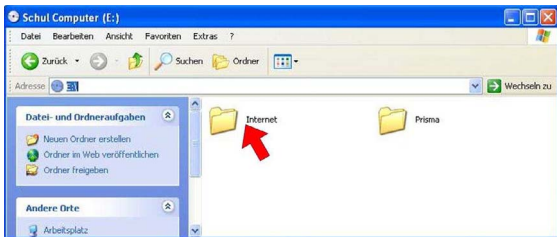
Du bekommst dein Heft wieder!



So beginnst Du am Computer

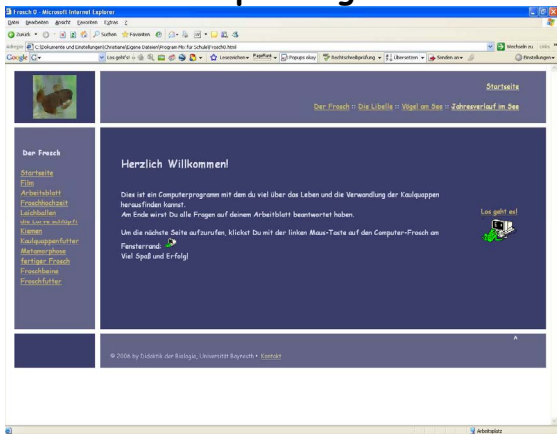


- 1) Lege **CD 1** in das CD-Fach.
- 2) Auf dem Desktop (dem leeren Bildschirm) siehst Du den Ordner **CD-Laufwerk**. Öffne ihn mit einem Doppelklick
- 3) Du findest auf der CD zwei Ordner.

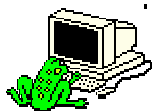


- 4) Öffne mit einem Doppelklick **Internet**.
- 5) Starte das Spiel mit einem Doppelklick auf **00Frosch**.

Das Spiel beginnt!



Es öffnet sich eine Internetseite zum Thema **Frosch**.
 Lasse dich mit deinem Partner zusammen durch das Programm führen und beantworte die Fragen in deinem Arbeitsheft.



Wenn du auf den Frosch am Computer klickst kommst du zu der nächsten Internet-Seite.



Im Bildschirm-Fenster findest du links oben dieses **Zurück**-Symbol. Damit kannst du zurück blättern.

Von der Kaulquappe zum Frosch



Von der Kaulquappe zum Frosch

Froschhochzeit - Film

Sieh dir den Film an.
Klicke dazu auf die Start-Taste unter dem Video-
Rahmen

Froschhochzeit

Wie pflegen die Froschelterner ihre Jungen?

Laichballen im Wasser

Notizen zum Experiment

Experiment

Auf deinem Tisch hast Du ein Glas Wasser und zwei Gummibärchen. Lege einen Gummibär ins Wasser. Es ahmt den Froschlaich nach.

Den anderen Gummibär lässt du auf dem Tisch.

Beobachte das bis zum Unterrichtsende.

Was passiert?

Die Larve schlüpft!

Was ist eine Larve?

Atmung der Kaulquappe

Wie atmet eine Kaulquappe?

Skizziere das Organ in das Bild mit der Kaulquappe, die noch keine Beine hat.



Kaulquappenfutter	Was frisst die Kaulquappe? _____
--------------------------	-------------------------------------

Metamorphose	Was ist die Metamorphose der Frösche? _____ _____
	Was passiert bei der Metamorphose der Kaulquappe? _____ _____ _____
	Was frisst die Kaulquappe jetzt ? _____

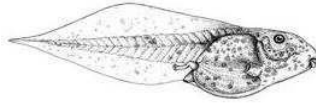
Der kleine Frosch ist fertig!	Skizziere einen kleinen Frosch!
--------------------------------------	---------------------------------

Beine zum Springen und Schwimmen	Wieso kann der Frosch so gut springen? _____ _____
	Wie schwimmt der Frosch? _____ _____

Fressen!	Was frisst der Frosch? _____
	Wie bekommt er sein Futter? _____

Zusammenfassung

Vergleichen wir:



Die _____

atmet mit _____ unter Wasser, hat keine Beine aber einen _____ zum Schwimmen und frisst erst _____.



Der _____

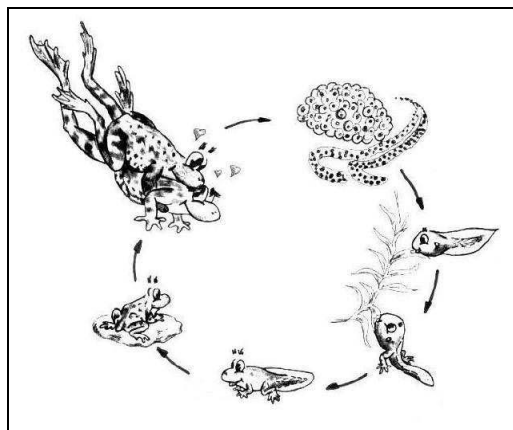
atmet an der Luft mit _____, hat kräftige Beine zum _____ und fängt _____ mit seiner klebrigen Zunge.

Die Entwicklung der Froschlurche

Was sind Froschlurche?

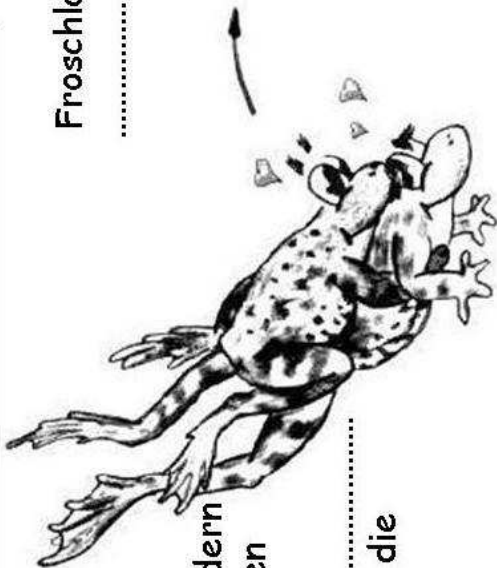
- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____

Fülle die Lücken im Arbeitsblatt (auf der nächsten Seite) mit Hilfe der interaktiven Internetseite aus.



Im (manchmal liegt noch Schnee) Paaren sich Frösche, Kröten und Unken.

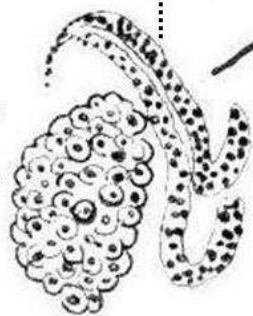
Autos sind eine große für Amphibien bei der Wanderung zum Laichgewässer!



Zur Paarung wandern Amphibien in ihren Die Männchen und locken damit die Weibchen an.

Male die Bilder bunt aus!

Froschlaich (Eier) wird in abgelegt.



Krötenlaich wird in abgelegt.

Die Larven der Froschlurche werden genannt. Sie atmen mit und fressen



Zuerst wachsen bei Froschlurven die beine.

Beim Fasten wird der immer kleiner, bis er ganz zurückgebildet ist. Die Jungtiere atmen nun mit ihrer Bald gehen sie an Land.



Später kommen die beine. Die Kaulquappe jetzt! Der Magen kann sich vom Pflanzen-Verdauen zum Insektenfresser-Verdauen umwandeln.



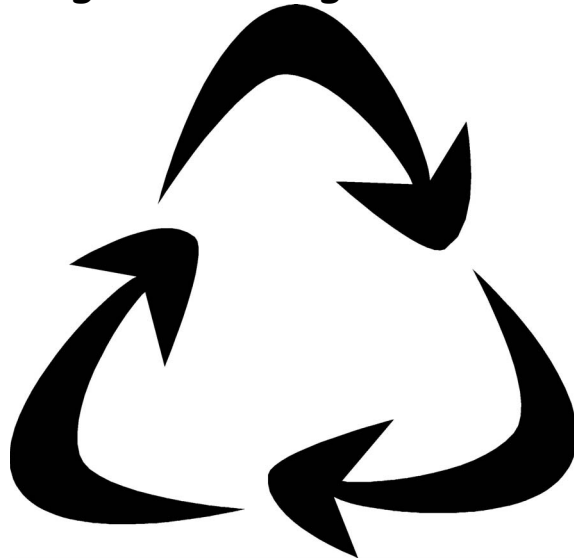
Fertig!



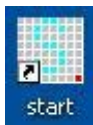
Schließe das Internetfenster mit einem Klick auf das Kreuz rechts oben im Fenster. Nehme die CD1 aus dem CD-Laufwerk.

Beziehungen im See

Nahrungs-Beziehungen & Kreisläufe



Beziehungen im See



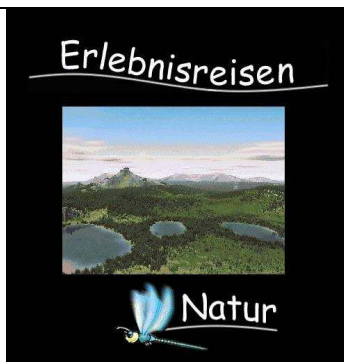
Lege CD 2 in das CD-Fach.
 Starte das Lernspiel, indem Du den „start“ Button auf dem Bildschirm anklickst.

Damit dieses Programm optimal läuft, stellen Sie bitte Ihren Bildschirm in der "Systemsteuerung" unter "Anzeige, Einstellungen auf 256 Farben ein.

Klicke auf weiter

Programm beenden

Weiter



Es erscheint ein Vorspann. Du kannst den Vorfilm überspringen, indem Du in das Bild klickst.

Hier hast Du einen Überblick über alle Funktionen im Computer-Lernspiel

Nahrungskette
 Der Hecht ist ein Raubfisch, der sich von Kleinfischen ernährt. Man bezeichnet diesen Fisch wegen seiner Ernährungsweise als einen Konsumenten.
 Auch die kleine Rottfeder, die der Hecht gerade verschlingt, gehört zu den Konsumenten. Kleinfische...

Hier befinden Sie sich in der Hilfe!!

zurück zum Programm

Hilfe

Zurück Weiter Interaktionen Index Übersicht A-Z Exit

Text zum Kapitel wird vorgelesen.

Text rauf-/runter-rollen

Alphabetisches Lexikon

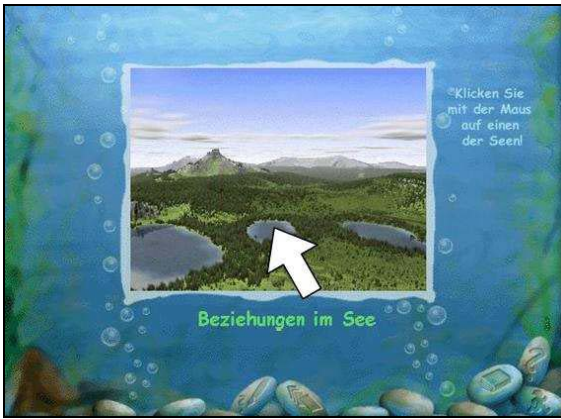
Ausgang: Ende des Programms

Vor- und Zurückblättern

Interaktive Spiele

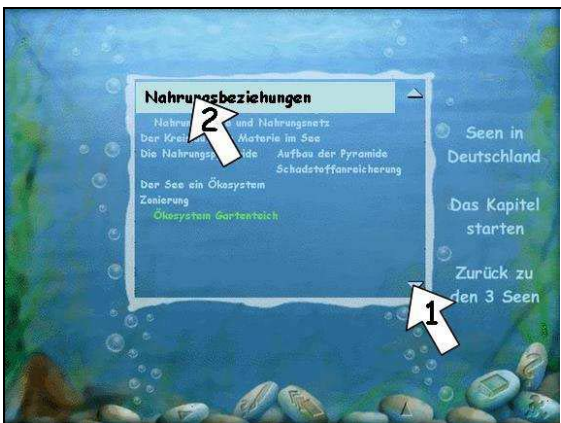
Alphabetisches Inhaltsverzeichnis

Kapitel Übersicht (Inhaltsverzeichnis)



Indem du in den mittleren See klickst öffnest du das Kapitel „**Beziehungen im See**“.

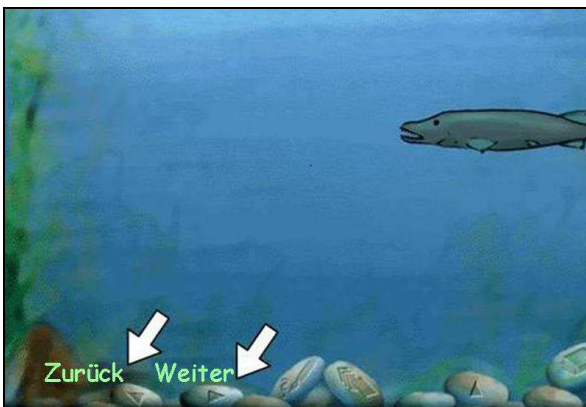
Setze die **Kopfhörer** auf.



1 Scrollle die Liste hinunter, indem Du auf den Pfeil klickst.

2 Klicke auf das Kapitel „**Nahrungsbeziehungen**“.

Es beginnt das Kapitel „**Nahrungskette**“.
Höre den Erklärungen zu!
Mache Dir **danach** Notizen.



Wenn das Kapitel **Nahrungskette** beendet ist, höre das nächste Kapitel **Nahrungsnetz** an. Dazu klickst Du auf **Weiter**.

Tipp

Wenn Du **Zurück** anklickst kannst Du den Text noch einmal hören.

(zu weit zurück geblättert? Dann gehe mit weiter wieder zur Nahrungskette!)

Mache Dir Notizen!



Was sind Produzenten? _____

Was ist die Besonderheit der Alge? _____

Nenne mindestens ein Beispiel für einen: _____

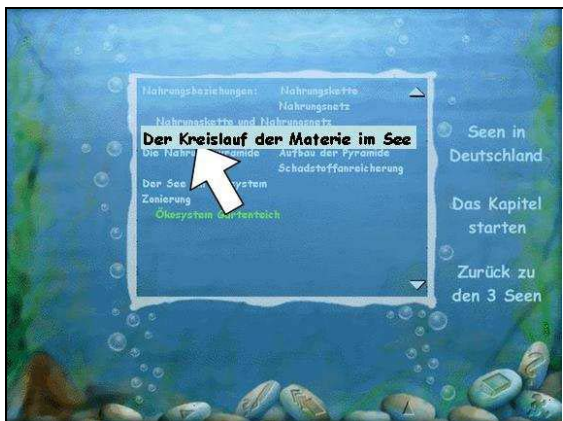
→ Konsumenten („Verbraucher“) 1.Ordnung: _____

→ Konsumenten („Verbraucher“) 2.Ordnung: _____

→ Konsumenten („Verbraucher“) 3.Ordnung: _____



Wenn du alles verstanden hast, dann öffne die **Übersicht**.



Scrolle wieder hinunter und klicke auf das Kapitel
Der Kreislauf der Materie im See.

Tip

Wenn Du **Zurück** anklickst kannst Du den Text noch einmal hören.

**Mache Dir
Notizen!**



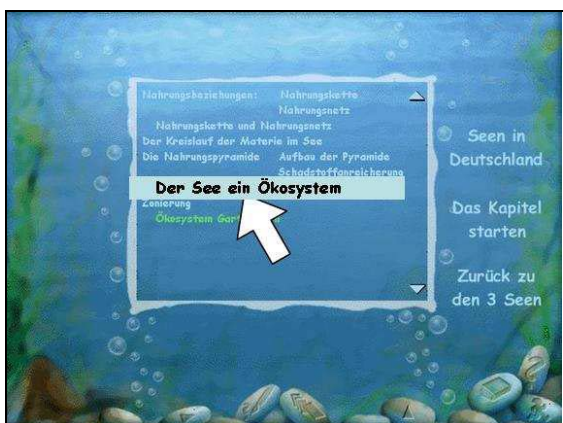
Was sind Produzenten?

Was sind Konsumenten? (Von was leben sie?)

Was sind Destruenten? (Von was leben sie?)



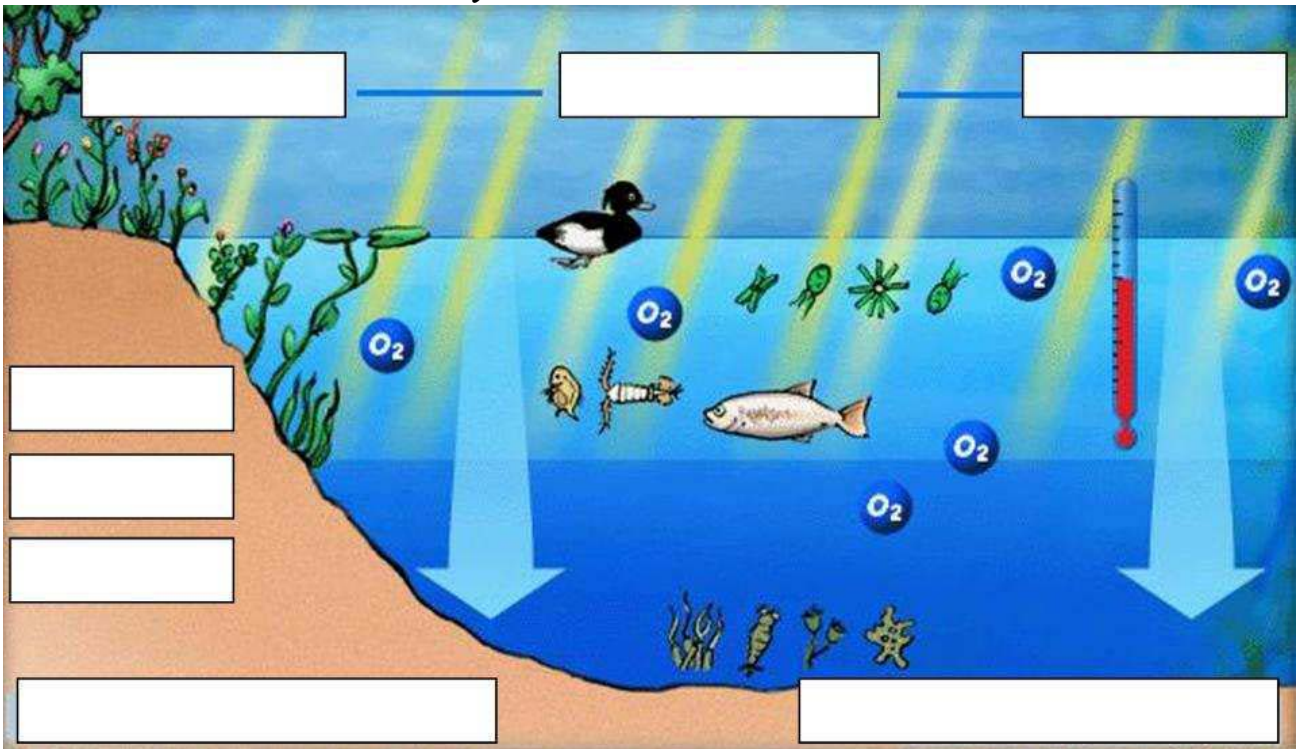
Alles klar?
Weiter?
Dann öffne wieder die **Übersicht**.



Scrolle wieder hinunter und klicke auf das Kapitel
Der See - ein Ökosystem.

- 🦋 Höre den Text an.
- 🦋 Beschrifte dann mit Deinem Partner das Bild.
- 🦋 Höre den Text **noch einmal** an.
- 🦋 Fülle den Lückentext aus.

1) Beschrifte das Bild



2) Wiederhole das Kapitel noch einmal. Fülle dann den Lückentext aus.

Ein Ökosystem ist die Gemeinschaft von

_____ und _____.

Eine Biozönose ist _____

Ein Biotop ist _____

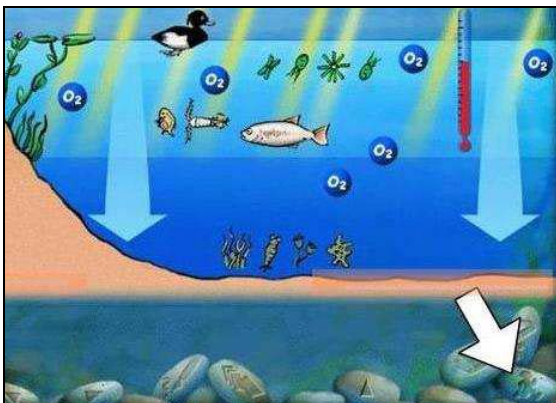
Biotische Faktoren sind _____

Nenne Beispiele! _____

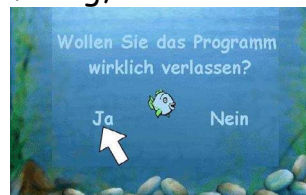
Abiotische Faktoren sind _____

Nenne Beispiele! _____

Mache Dir
Notizen!



Ist das Kapitel **Der See - ein Ökosystem** fertig, verlässt Du das Programm über **Exit**.

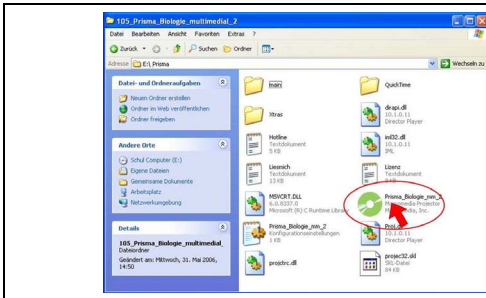



Ja, klar.

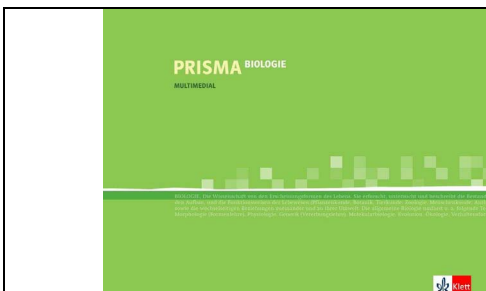
Das dauert...

Drücke **Esc** auf der Tastatur links.

Spiel zu: Beziehungen im See



Lege die **CD 1** in das CD Fach.
 Öffne die Ansicht CD-Laufwerk. Du findest auf der CD zwei Ordner.
 Öffne **Prisma**.
 Starte das Spiel, indem Du grünen Kreis anklickst. 



Es erscheint das Titelblatt **Prisma**.
 Klicke in das Bild, um zu beginnen!



Du bist jetzt im **Inhaltsverzeichnis**.
Linke Spalte: Kapitel-Übersicht.
Mittlere Spalte: Unterkapitel dazu
rechten Spalte: Vorschau zum Unterkapitel
 Öffne **Ökosystem Gewässer**, dann mit einem Doppelklick **Nahrungsnetze im Stillgewässer**

Hier hast Du einen Überblick über alle Funktionen im Computer-Lernspiel

Kapitel-Navigation
 grün unterlegt ist das Kapitel, in dem Du gerade bist

Medieninfo
 Dies ist Informationstext

Aufgabe
 Hier wird die Aufgabe zum Kapitel erklärt

Steuerbuttons
 Minimieren
 Beenden

Aktiver Lernbaustein

Steuerbuttons
 Korrektur: zeigt falsch/richtig an
 Achtung!! Noch einmal!!

Erweiterte Funktionen: Drucken

Spiele zu: Beziehungen im See Nahrungskette

Nahrungskette im Süßgewässer | **Neugierig** | **Publikum**

Hier wird ein kleiner Ausschnitt aus den komplexen Nahrungsbeziehungen in einem nährstoffreichen Süßgewässer gezeigt. Grundlage jeder Lebensgemeinschaft sind die grünen Pflanzen, denn nur sie können mithilfe der Photosynthese aus Wasser und Kohlendioxid ihre Nährstoffe selbst herstellen. Alle übrigen Lebewesen müssen ihren Nährstoffbedarf über das Fressen von Pflanzen oder Tieren decken.

Erzeuger
Erstverbraucher
Zweitverbraucher

Drittverbraucher

K

Lese die **Medieninformation** und löse die **Aufgabe**.

Du kannst kontrollieren, ob Du einen Fehler gemacht hast, indem Du den Haken anklickst. Nimm die falschen Bilder heraus und versuche es erneut.

Achtung! Klickst Du auf , fängst Du noch einmal neu an!

Ganz schön kompliziert, so ein Nahrungsnetz!

Es gibt ein paar **Tricks**, um den Überblick zu behalten.

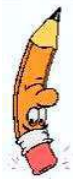
(1) Das Bild ist mit dünnen weißen Linien in **Spalten** eingeteilt.

(2) Oben fügst du die Titel ein, z.B. „**Erzeuger**“. In dieser Spalte kommen nun nur Erzeuger, also Pflanzen.

(3) Die **Titel** selber sind in der **Reihenfolge einer Nahrungskette**. Also:

ACHTUNG!

Tipp!



Erzeuger → _____ → _____ → _____

(4) In die Spalte „**Erstverbraucher**“ kommen nur: Pflanzenfresser.

(5) Was sind also „**Zweitverbraucher**“? _____

(6) **Beachte**, wer von wem gefressen wird und wer was frisst.

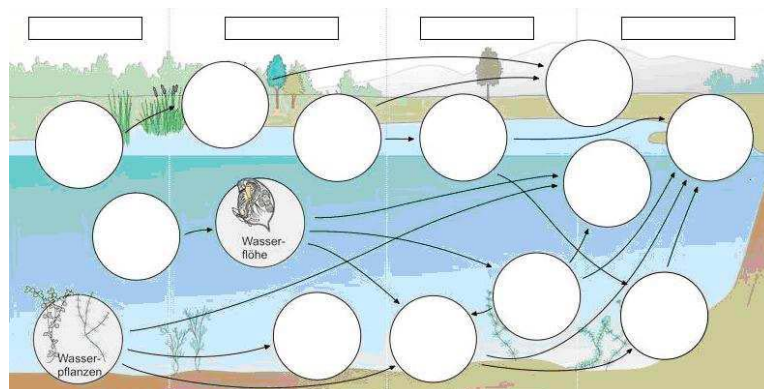
(7) **Beachte**, wer über dem Wasser fliegt, wer auf ihm schwimmt, wer tief taucht?

(8) Frage das Häkchen und korrigiere Dich.



Drucke das fertige Bild aus

Klebe hier das Arbeitsblatt ein.



ein Tupfer Kleber reicht!

12:47

✕

Beende das Programm indem Du das ✕ anklickst.

Beenden

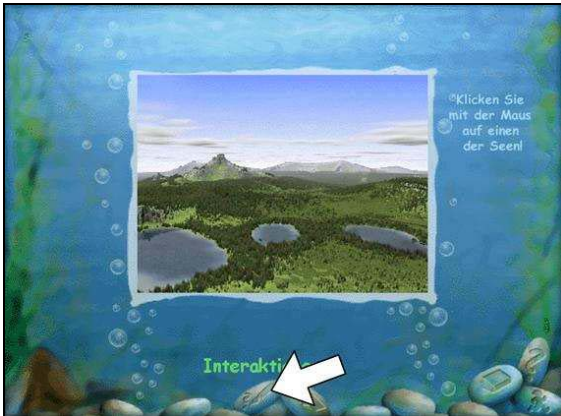
Möchten Sie das Programm tatsächlich beenden?

Ja!

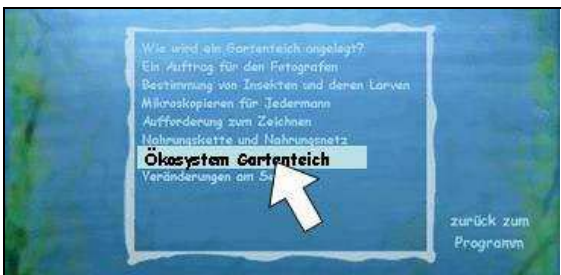
Spiele zu: Eutrophierung des Sees gesunder oder kranker Teich



Lege CD 2 in das Laufwerk.
Starte die CD, indem Du den „start“ Button auf dem Bildschirm anklickst.



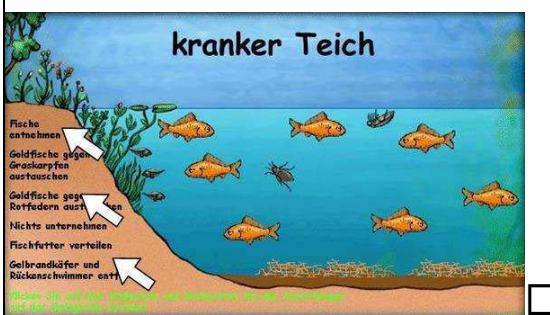
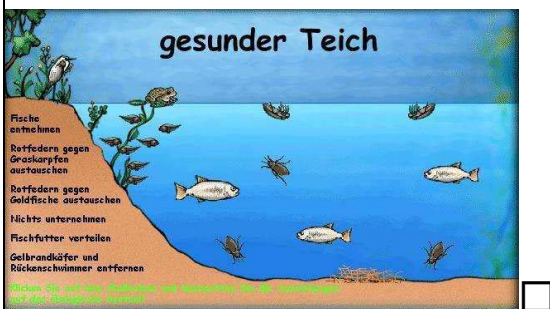
Indem du auf den Stein **Interaktionen** klickst, öffnest Du die interaktiven Spiele.



Es erscheint eine Liste von Aufgaben. Klicke auf **Ökosystem Gartenteich**.

Gartenteich

Kreuze an welchen Du hast:



Probiere und forsche!

Du kannst einen gesunden, aber auch einen kranken Teich bekommen.

Du kannst testen, wie sich verschiedene Änderungen im Gartenteich auswirken.

Dazu klickst du eine Veränderung an und siehst dann, was passiert.

Um eine andere Behandlung auszuprobieren klickst du auf **zurück**.

Mach Dir auf der nächsten Seite zu ein paar Methoden Notizen.

Was passiert, wenn man:

die Fische entnimmt? _____

weil _____

Graskarpfen einsetzt statt der Goldfische? _____

weil _____

Rotfedern einsetzt statt der Goldfische? _____

weil _____

Fischfutter in den Teich wirft? _____

weil _____

Insekten entfernt? _____

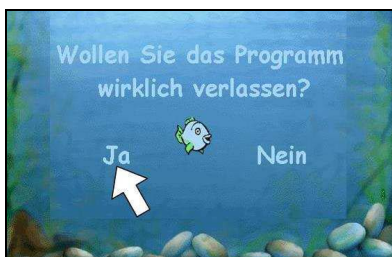
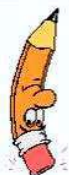
weil _____

gar nichts ändert? _____

weil _____

Mache Dir Notizen!

Hast du eine
Idee, warum
das so
passiert?



Ja, klar.

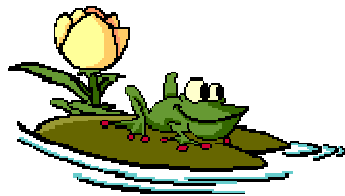
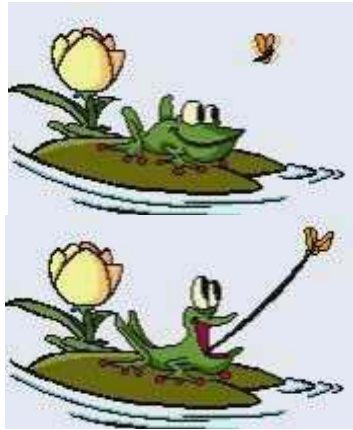
Hast Du mindestens drei Behandlungen ausprobiert
kannst Du das Programm beenden, indem Du auf **Exit**
klickst.



Gummibärchen - Froschleich - Experiment

Hast Du Dir schon Notizen auf S.6 dazu gemacht?
Dann bist Du fertig!

Fertig!



Bitte benote den Projekttag auf der nächsten Seite!

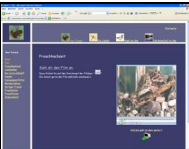
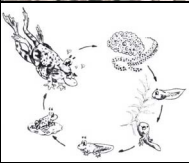


Danke!



Platz für weitere Anmerkungen:

Wie hat Dir der Unterricht gefallen?

Bitte vergib Noten von 1 (sehr gut) bis 6 (sehr schlecht) für die einzelnen Stationen. Wir würden uns auch über Bemerkungen freuen, was Dir gefallen hat oder Du ändern würdest.

Einheit	Note	Bemerkung
Internetseite „Der Frosch“ (insgesamt)		
Film Froschhochzeit		
Interaktives Arbeitsblatt „Von der Kaulquappe zum Frosch“		
Erlebnisswelt See (insgesamt)		
Beziehungen im See (Bild)		
Beziehungen im See (Erklärung)		
Ökosystem See (Bild)		
Ökosystem See (Erklärung)		
Gartenteich		
Prisma Lernspiele (insgesamt)		
Nahrungsnetz		
Arbeitsheft		
insgesamt		

8.1.2 Studie (I) Fragebogen

Schüler-Umfrage



UNIVERSITÄT
BAYREUTH

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Vielen Dank, dass Du an diesem Test teilnimmst!

Du kannst uns damit sehr helfen.

Der Test wird nicht benotet. Dein Name bleibt geheim. Deshalb:

Bitte bearbeite den Test alleine!

Bevor Du mit der Bearbeitung der Fragen beginnst, brauchst Du noch Deinen persönlichen Code, eine Art Geheimzahl. Fülle dazu bitte diese Seite aus.

➤ heutiges Datum (z.B. 03.01.07)	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>
➤ Klasse (z.B. 6c)	<input type="text"/> <input type="text"/>
➤ Dein Geburtsmonat (z.B. 3. Juni = 03)	<input type="text"/> <input type="text"/>
➤ Dein Geburtsjahr (Achtung! Nicht 2007! ☺)	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
➤ 1. und 2. Buchstabe des Vornamens deiner Mutter	<input type="text"/> <input type="text"/>
➤ Du bist ein:	Mädchen <input type="checkbox"/> Junge <input type="checkbox"/>

Hinweise:

- ✿ Lies bitte kurz die Anweisung durch, **wie viele** Antworten Du ankreuzen kannst.
- ✿ Kreuze die Antwort an, die **Deiner** Meinung nach richtig ist.
- ✿ Wenn Du Dich einmal vertan hast, dann übermale das Kreuz vollständig und kreuze ein anderes Kästchen an.
- ✿ Benutze **keinen** Tintenkiller!
- ✿ Bitte bearbeite den Fragebogen **alleine** und **sorgfältig!** Er wird **nicht** benotet und bleibt **geheim!**

Wissensaufgaben

Nur eine der Antworten ist richtig.

Kreuze die an, von der du meinst, dass sie richtig ist.

1. Wie nennt man Froschbabys?

- Kröten
- Kaulquappen
- Fischchen
- Molch

2. Wie nennt man Frosch-Eier?

- Leichen
- Laich
- Lurch
- Larve

3. Wie legen Frösche ihre Eier ab?

- Einzel
- In Ballen
- In Schnüren
- In mehreren kleinen Paketen

4. Wann ist Paarungszeit bei Fröschen?

- Im Sommer
- Im März, nur wenn keine Schnee mehr liegt
- Im März, auch wenn noch Schnee liegt
- Im Herbst

5. Welche Beinchen erscheinen zuerst?

- Vorderbeine
- Hinterbeine
- Beide gleichzeitig
- Keine feste Regel

6. Wie verschwindet der Schwanz der Kaulquappe?

- Fällt ab wie bei einer erschreckten Eidechse.
- Bildet sich langsam zurück
- Daraus werden die Hinterbeine
- Geht verloren, weil er abgeknabbert wird

7. Was ist eine Larve?

- Jungtiere, völlig anders aussehen als das ausgewachsene Tier.
- Tiere ohne Beine
- Jungtiere, die aus Eiern schlüpfen
- Eier von Fröschen

Wissensaufgaben

8. Wie nennt man die Verwandlung einer Larve in das erwachsene Tier
- Pubertät
 - Reifung
 - Metamorphose
 - Metabolismus
9. Was frisst ein Frosch?
- Algen
 - Insekten
 - Pflanzen
 - Würmchen
10. Was ist ein Zersetzer (Destruent)?
- Hecht
 - Alge
 - Kleinstlebewesen, die Sauerstoff produzieren
 - Kleinstlebewesen, die abgestorbene Materie zu Mineralien zersetzen.
11. Was ist eine Biozönose?
- Die Lebensgemeinschaft der Lebewesen.
 - Die Summe aller Tiere und Pflanzen.
 - Ein Gartenteich.
 - Der Lebensraum.

Bei diesen Fragen **könnten** auch mehrere Antworten richtig sein.

12. Womit atmen Kaulquappen?
- Mit Lungen
 - Mit Kiemen
 - Mit der Haut
 - Mit Schnorcheln
13. Wie atmen Frösche?
- Mit Lungen
 - Mit Kiemen
 - Mit der Haut
 - Mit Schnorcheln
14. Was frisst eine Kaulquappe?
- Insekten
 - Algen
 - Pflanzen
 - Würmchen

Wissensaufgaben

15. Was ist die richtige Nahrungskette?
- Alge → Wasserfloh → Rotfeder → Graureiher
 - Alge → Hecht → Rotfeder → Graureiher
 - Gras → Kaninchen → Fuchs
 - Alge → Wasserfloh → Rotfeder → Hecht
 - Alge → Rotfeder → Wasserfloh → Hecht
16. Was ist ein Erzeuger (Produzenten)?
- Alge
 - Pflanzen
 - Frösche, weil sie Eier produzieren
 - Karpfen
17. Was ist ein Verbraucher (Konsument)?
- Algen, weil sie Kohlenstoffdioxid verbrauchen
 - Kaulquappen, weil die Algen fressen.
 - Pflanzen
 - Hecht, weil er Fische frisst
18. Was ist ein Biotop?
- Die Lebensgemeinschaft der Lebewesen
 - Die Summe aller Tiere und Pflanzen.
 - Ein Gartenteich.
 - Der Lebensraum
19. Du hast einen Goldfischteich, der sehr grün geworden ist, nachdem viel Fischfutter in den Teich geworfen wurde. Du hast Sorge, dass der Teich überdüngt ist und „umkippt“. Was kannst du dagegen tun?
- Goldfische entnehmen
 - Fische füttern, damit sie nicht sterben
 - Gar nichts. Das ist alles ganz normal.
 - Rotfedern einsetzen

... bitte umblättern! ☺



Jetzt haben wir noch ein paar allgemeine Fragen.

1. Wie viel Erfahrung hast Du mit dem Computer?

- keine
 wenig
 mittelmäßig
 viel
 sehr viel

2. Welche Computerprogramme hast Du schon verwendet?

	JA	NEIN	weiß nicht
Computerspiele (Computerkonsole, am PC, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Text-Verarbeitungsprogramme (z. B. Word)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tabellenkalkulationsprogramme (z. B. Excel)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Datenbankprogramme (z. B. Access)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grafikprogramme (z. B. Corel Draw, Photoshop)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desktop-Publishing-Programme (z. B. PageMaker)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Multimedia-Programme (z. B. Windows Media Player)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Andere:

	JA	NEIN
3. Besitzt Du einen eigenen Computer?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Hast Du schon einmal an einem Computerkurs / Informatikunterricht teilgenommen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Wie viel Zeit verbringst Du durchschnittlich pro Tag am Computer?

Schätze!

ca. Stunde(n) pro Tag

Wie schätzt Du Dich ein?

Bitte nur ein Kreuz pro Aussage.

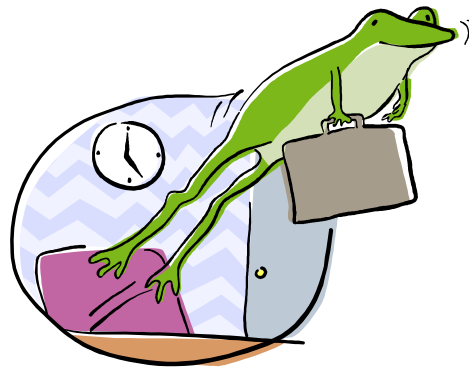
Ein Beispiel ☺

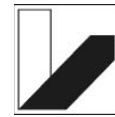
	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
Beim Krupfen-Wettessen bin ich immer Erster.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fragen anzukreuzen fällt mir leicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
Bei Problemen fallen mir so gut wie nie Lösungen ein, auf die nicht auch schon andere gekommen sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Umgang mit Computer stelle ich mich sehr geschickt an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beim Lösen von Problemen bin ich gut darin, Ideen auf Arten zu kombinieren, die andere noch nicht probiert haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Für die Beschäftigung am Computer verzichte ich gerne auf andere Aktivitäten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir macht es Spaß, für Probleme neue Lösungen zu Finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Häufig denke ich, ich bin nicht so klug wie die anderen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich ein neues Computerprogramm erlernen muss, fühle ich mich schnell überfordert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin nicht sonderlich originell in meinen Einfällen, Gedanken und Handlungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei vielen Aufgaben bin ich mir schon im Voraus sicher, dass ich sie nicht lösen kann, weil ich dafür nicht begabt bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
Man kann mich schon als Computer-Crack bezeichnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich wollte, ich wäre so intelligent wie die anderen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verglichen mit den anderen bin ich nicht so begabt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich benutze den Computer, weil mich das sehr interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin nicht sonderlich gut, wenn es darum geht, Probleme zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Am Computer zu spielen oder zu arbeiten macht mir richtig Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Bitte schau noch mal nach, ob Du alle Fragen beantwortet hast!
Danke!**





Jetzt haben wir noch ein paar allgemeine Fragen.

Bitte nur **ein** Kreuz pro Aussage.

Ein Beispiel ☺

	trifft gar nicht zu	trifft nicht zu	teils/ teils	trifft zu	trifft völlig zu
Krapfen-Wettessen macht mir keinen Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fragen anzukreuzen fällt mir leicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Wie war das Lernen mit dem Computer? Wie war der Unterricht?

Bitte nur **ein** Kreuz pro Aussage.

	trifft gar nicht zu	trifft nicht zu	teils/ teils	trifft zu	trifft völlig zu
Ich habe nicht sehr viel Energie in diese Tätigkeit gesteckt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühlte mich während dieser Tätigkeit unter Druck.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war wichtig für mich, bei dieser Aufgabe gut zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich empfand diese Tätigkeit als recht angenehm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war in dieser Tätigkeit sehr entspannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich sehr bemüht bei dieser Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nach längerer Beschäftigung mit dieser Tätigkeit fühlte ich mich ziemlich kompetent.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich während dieser Tätigkeit überhaupt nicht nervös gefühlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir gefiel die Ausübung dieser Tätigkeit sehr gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war ziemlich geschickt bei dieser Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühlte mich während dieser Tätigkeit sehr angespannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	trifft gar nicht zu	trifft nicht zu	teils/ teils	trifft zu	trifft völlig zu
Ich empfand diese Tätigkeit als langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich halte mich für ziemlich gut bei dieser Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diese Tätigkeit hat Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das war eine Tätigkeit, die ich nicht sehr gut konnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war ängstlich, während ich an dieser Aufgabe gearbeitet habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während dieser Tätigkeit habe ich darüber nachgedacht, wie sie mir gefällt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diese Tätigkeit konnte meine Aufmerksamkeit überhaupt nicht binden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin mit meiner Leistung bei dieser Aufgabe zufrieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde diese Tätigkeit als sehr interessant bezeichnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich sehr angestrengt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich denke, ich wahr ziemlich gut bei dieser Tätigkeit, verglichen mit anderen Schülern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich nicht sehr bemüht, um bei dieser Tätigkeit gut zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

... bitte umblättern! 😊

Wie schätzt Du Dich ein?

Bitte nur **ein** Kreuz pro Aussage.

	stimmt	stimmt nicht
Es macht mir Spaß, mitzuhelfen, einen Ausflug oder etwas Ähnliches zu planen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin überzeugt, dass ich die Fertigkeiten, die in Biologie unterrichtet werden, beherrschen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der Gegenwart anderer fühle ich mich unsicher.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich erzähle oft einen Witz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn andere gut gelaunt sind, fällt es mir oft schwer, auch fröhlich zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin überzeugt, dass ich auch den kompliziertesten Stoff, den der Lehrer in Biologie vorstellt, verstehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin gerne Anführer(in) einer Gruppe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich mit jemandem Streit habe, versuche ich ihm aus dem Weg zu gehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin überzeugt, dass ich in Hausaufgaben und Klassenarbeiten in Biologie gute Leistungen erzielen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn andere in der Pause lärmern, bin ich meist ziemlich still.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich schließe schnell und oft eine Freundschaft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn andere streiten, ziehe ich mich zurück.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es fällt mir schwer, neue Freundschaften zu schließen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schwierigkeiten zu meistern macht mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In Informatik bin ich sicher, dass ich auch den schwierigsten Stoff verstehen kann	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn andere gut gelaunt sind, fällt es mir oft schwer, auch fröhlich zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vor einer großen Menschenansammlung habe ich Angst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin überzeugt, dass ich die Fertigkeiten, die in Informatik unterrichtet werden, beherrschen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	stimmt	stimmt nicht
Ich erzähle oft kleine <i>Geschichten</i> , um andere zu unterhalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die anderen mögen mich, weil ich fröhlich bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin überzeugt, dass ich in Hausaufgaben und Klassenarbeiten in Informatik gute Leistungen erzielen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich lache nur wenig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe viele Vorschläge, was man alles tun könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich eine freudige Nachricht erhalte, möchte ich am liebsten an die Decke springen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In Biologie bin ich sicher, dass ich auch den schwierigsten Stoff verstehen kann	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Meine Kleidung sucht mir meist ein anderer aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oft traue ich mich einfach nicht, jemanden um einen <i>Gefallen</i> zu bitten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin überzeugt, dass ich auch den kompliziertesten Stoff, den der Lehrer in Informatik vorstellt, verstehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit Jungen und Mädchen, die neu in die Klasse kommen, rede ich immer gleich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe es gerne, wenn ich den Auftrag habe, mit anderen Kindern etwas vorzubereiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir macht einfach alles Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es ist mir unangenehm, jemanden, den ich nicht kenne, nach etwas zu fragen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte schau noch mal nach, ob Du alle Fragen beantwortet hast!

Danke!



8.2 Studie (II): Medienvergleich bei Freiarbeit – Computer vs. Buch

8.2.1 Studie (II) Arbeitsheft „Soziale Insekten – Honigbiene“

Soziale Insekten Honigbienen



Dieses Arbeitsheft gehört

Eine computer-unterstützte Lerneinheit
zum Thema Insekten
8.Klasse G8



Erklärungen



Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Dieses Arbeitsheft ist ein „Forschungsprotokoll“. Überlege dir mit deinem Partner mögliche Lösungen zu den Fragen. Recherchiere dann nach mehr Informationen zur Frage.

Als **Recherche-Bibliothek** dient dir eine Internetseite auf der CD.

Als Versuchslabor hast du **Filme** und **Simulationen** auf der Internetseite.

Rede (leise) mit deinem Partner über die Aufgaben, eure Beobachtungen und Meinungen! Diskutiert Eure Ergebnisse und tragt Eure Notizen ins Forschungsprotokoll.

Die Hefte werden später kurz eingesammelt, aber nicht bewertet! Uns interessiert nur, ob wir die Computerprogramme verbessern können.

Du bekommst dein Heft wieder!



Persönlicher Code



Wie wollen in einer wissenschaftlichen Untersuchung mehrere Fragebögen und das Arbeitsheft einander zuordnen. Da dies anonym geschieht, brauchen wir Deinen **persönlichen Code**, deine „Geheimzahl“. Damit bleibst Du anonym, wir wissen aber, welche Arbeitshefte und Fragebögen zusammen gehören.

Tage deshalb bitte erst Deinen Code hier ein:

➤ heutiges Datum (z.B. 03.10.07)	
<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/>	
➤ Klasse (z.B. 8c)	<input type="text"/> <input type="text"/>
➤ Dein Geburtsmonat (z.B. Juni = 06)	<input type="text"/> <input type="text"/>
➤ Dein Geburtsjahr (z.B. 1993)	
<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
➤ 1. und 2. Buchstabe des Vornamens deiner Mutter (z.B. S Abine)	<input type="text"/> <input type="text"/>
➤ Du bist ein:	Mädchen <input type="checkbox"/> Junge <input type="checkbox"/>

Fertig? Dann kannst Du anfangen.

Was Du brauchst:



dieses Arbeitsheft



CD „Die Honigbiene“



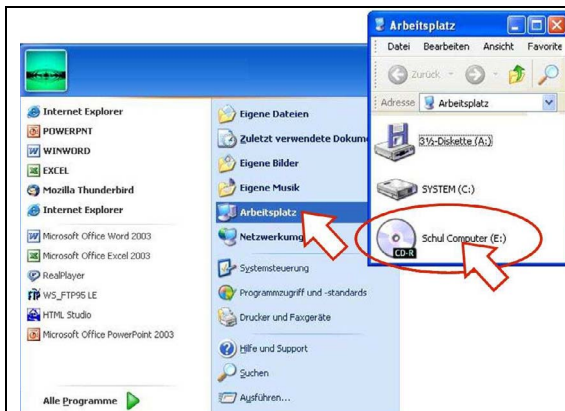
Stift



Partner



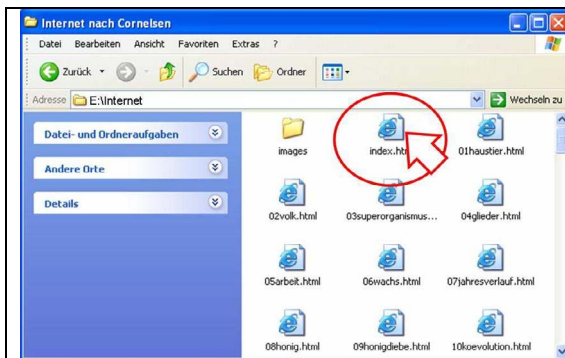
So beginnst Du am Computer



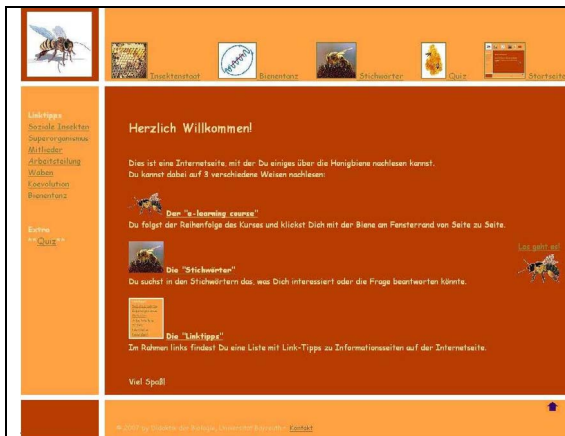
6) Lege die **CD** in das CD-Fach.

7) Im **Arbeitsplatz** findest du das **CD-Laufwerk**. Öffne es mit einem Doppelklick

8) Öffne den Ordner **Internet**.



9) Starte die Internetseite, indem Du den **Index** anklickst.



10) Erarbeite Dir Dein **Arbeitsheft** durch **Recherche!**

11) Blättere Dich dazu durch die Seite und lese die **Medieninformationen**.

Tipps zur Recherche

Du kannst auf 3 verschiedene Arten mit der Internet-Seite recherchieren:

- ☞ Folge der Reihenfolge des „**e-learning Kurses**“. Dazu klickst Du zum Weiterblättern auf die Biene.
- ☞ Unter den „**Stichwörtern**“ kannst Du auch gezielt Antworten suchen.
- ☞ Über die „**Linkliste**“ kannst Du gezielt Informationsseiten aufsuchen.





So recherchierst Du

selbstständig



Tipps zur Recherche

Du kannst auf 3 verschiedene Arten mit dem Informationsheft recherchieren:



Folge der Reihenfolge des „**Kurses**“ und lese es von vorne nach hinten.



Unter den „**Stichwörtern**“ kannst Du auch gezielt Antworten suchen.



Über die „**Inhaltsverzeichnis**“ kannst Du gezielt Kapitel aufsuchen.



1) Bienen: soziale Insekten



Ein Bienenvolk kann als „Superorganismus“ betrachtet werden.
Was heißt das? Erkläre den Begriff.



2) Aufgabenteilung



Den Superorganismus zeichnet die Arbeitsteilung aus. Die Honigbiene hat dafür 3 Spezialisten für unterschiedliche Aufgaben.

Wie heißen sie? Was sind ihre Aufgaben?

1)

2)

3)



3) Körperliche Merkmale der 3 Wesen



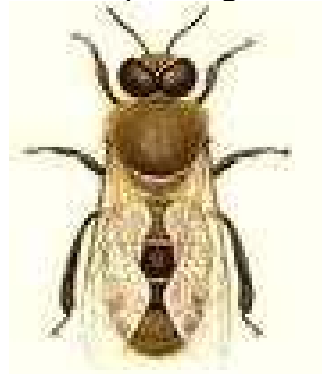
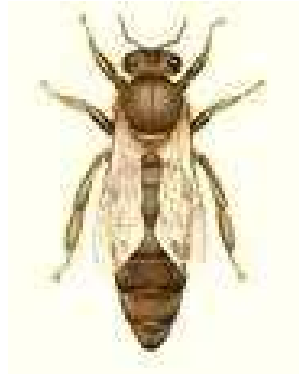
Die drei Bienen-Wesen sind hier abgebildet, aber die Bildergröße ist angeglichen, so dass das reale Körpergrößenverhältnis nicht stimmt.

3a) Welches Bild stellt wen dar? (Vergleiche Aufgabe 2))

3b) Wer ist in Wirklichkeit die Größte, wer die Kleinste?

3c) Welche Körpermerkmale unterscheiden die Wesen? Markiere sie auch im Bild.

3d) Das Körpermerkmal ist eine Anpassung an die spezielle Aufgabe des Wesens. Notiere, wozu die spezielle Anpassung dient.



a)

b) Größe (1.-3. Platz):

c) Körpermerkmale:


d) Aufgaben:




4) Fleißige Arbeiterinnen



Verbinde die Ziffern durch einen Pfeil mit den Aufgaben der Arbeiterin in der Reihenfolge, in der sie diese im Laufe ihres Lebens erfüllt.

 Welche Arbeit übernimmt die frisch geschlüpfte Bienen-Arbeiterin sofort?

 Welche folgen später im Laufe ihres Lebens?

- | | | |
|-----|---|--------------------------------------|
| (1) | ↑ | Sammelbiene |
| (2) | | Baubiene (Wachsschwitzen) |
| (3) | | Klimaanlage (Heizung & Ventilation) |
| (4) | | Brutzellen verschließen & putzen |
| (5) | | Nektar & Pollen versorgen |
| (6) | | Stockputzbiene (Tote entfernen etc.) |
| (7) | | Amme (Larven füttern) |
| (8) | | Bienenpolizei (Tor-Wache) |



5) Waben - Platz für viele Aufgaben



a) Woraus bilden die Bienen ihre „Wohnung“?
Woher gewinnen sie das Baumaterial?

b) Was „lagern“ und bewahren sie alles in den Waben?

1)

2)

3)




4)



6) Koevolution



Blütenpflanzen und Nektar sammelnde Insekten wie die Honigbienen entstanden in einer „Koevolution“, d.h. sie wurden in der Evolution jeweils so angepasst, dass sie perfekt vom anderen profitieren können.

-  Was sind die Anpassungen der Blütenpflanzen und was der Bienen?
-  Welchen Vorteil haben sie davon?
-  Wozu ist die Anpassung gut?

Blütenpflanze	Honigbiene



7) Kommunikation im Team



- a) Wer hat diese Sprache entdeckt und erforscht?

- b) Welche Botschaften übermittelt die Kundschafterin an zuhause gebliebene Sammelbienen?

Nenne die Sinne, die dabei genutzt werden.

1)

.....

2)

.....

3)

.....



9) Bientanz - eine besondere Körpersprache

Zusammenfassung



a) Wie wird die Information über die Lage der Nahrungsquelle codiert?

b) Du erkennst, welche Tänze hier skizziert werden?
Beschrifte das Bild! Notiere, wo die Futterquelle ungefähr liegen müsste.



Was es zu sammeln gibt, erfahren die nachtanzenden Sammelbienen durch _____, die die Sammelbiene verteilt.

Die Entfernung der Futterquelle vom Bienenstock wird durch den _____ codiert.

Ist sie unter 100m entfernt, tanzt die Biene den _____.

Bei weiteren Strecken wird der _____ getanzt.




Je stärker die Arbeiterin schwänzelt, desto _____ ist die Trachtquelle.

Wir hoffen,
über die Honigbienen zu recherchieren
hat dir Spaß gemacht!



Wie hat Dir der Unterricht gefallen?

Bitte vergib Noten von 1 (sehr gut) bis 6 (sehr schlecht) für die einzelnen Stationen. Wir würden uns auch über Bemerkungen freuen, was Dir gefallen hat oder Du ändern würdest.

Einheit	Note	Bemerkung
Internetseite „Die Honigbiene“ (insgesamt) 		
Bilder / Filme / Simulationen 		
Texte & Erklärungen		
Arbeitsheft 		
insgesamt		

8.2.2 Studie (II) Informations-Textbuch „Soziale Insekten – Honigbiene“



Superorganismus Honigbienen



Eine Informationsbroschüre
zum Arbeitsheft

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Das kleinste Haustier des Menschen	3
Phänomen Insektenstaat - Soziale Ordnung im Bienenvolk	3
Das Bienenvolk - ein Superorganismus	3
Die drei Glieder des Superorganismus Bienenvolk	4
Let´s work together! - Arbeitsteilung nach Alter & Bedarf	5
Der Jahreslauf des Superorganismus	6
Waben: Ingenieurskunst aus Wundermaterial	7
Honig - Treibstoff und Heizstoff	8
Vom wilden Schwarm zum Haustier - Imker & andere Honigdiebe	9
Koevolution im „Nektarmarkt“	10
Effizienz beim Nektarfinden - Entdeckung der Bienensprache	11
Bientanz	11
Bientanz - Experimente zur Entschlüsselung des Codes	12
Glossar - Stichwortverzeichnis	14

Das kleinste Haustier des Menschen

Es gibt verschiedene wilde Formen der Honigbienen und überall, wo sie vorkommen, haben die Menschen auch gelernt, ihren Honig zu naschen. Unsere europäische Honigbiene lebt inzwischen nur noch bei den Menschen und wurde von ihm auch auf andere Kontinente wie Amerika gebracht.

Honigbiene und Seidenspinner sind die einzigen Insektenarten, die der Mensch als Haustiere nutzt. Dabei ist der wirtschaftliche Aspekt, das Essen und das Geld, das die Menschen mit den kleinen Insekten verdienen nicht zu unterschätzen!

Vom wilden Schwarm zum Haustier

Süßen Honig naschten auch unsere Ahnen in der Steinzeit (siehe S.4) gerne. Dies zeigen uns Höhlenmalereien von Honigsammlern. Inzwischen leben die Honigbienen als Haustiere in Kästen, die der Imker ihnen baut.

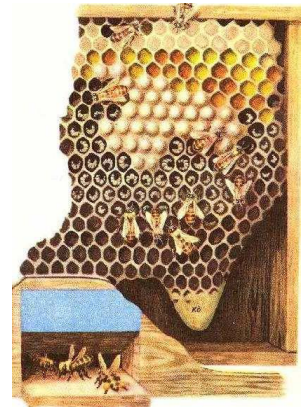


Phänomen Insektenstaat: Soziale Ordnung im Bienenvolk

Bis zu 50 000 Honigbienen leben gleichzeitig in einem Bienenstock auf engstem Raum zusammen. Sie sammeln Nektar und Pollen, ziehen gemeinsam Larven groß, verteidigen den Stock und teilen sich viele andere Aufgaben (siehe S.7). Nur bei ganz wenigen Tierarten wie Ameisen, Termiten, Wespen und auch Menschen leben vergleichbar viele Individuen in so enger Gemeinschaft zusammen. Zwar ist eine kleine Zahl - etwa 2% - der Insektenarten Staaten bildend oder sozial, diese Minderheit macht aber über 50% der Masse aller Insekten auf der Erde aus!

Wie solche Staaten in der Evolution **entstanden** sind, wie sie **organisiert** sind, wie die **Verständigung** erfolgt, das sind Fragen, auf die Wissenschaftler mit Hightechmethoden immer neue, immer verblüffendere Antworten und immer wieder auch neue Fragen erhalten.

Sehen wir uns an, was wir Menschen inzwischen über die Bienen wissen...

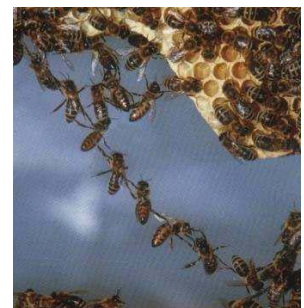


Das Bienenvolk - ein Superorganismus

Gemeinsam stärker

Vom Beginn des Lebens auf der Erde an lässt sich immer wieder feststellen, dass durch Verbindung zuvor einzeln lebender Organismen zu einem größeren Ganzen eine neue, höhere *Organisationsebene* entsteht, die in vieler Hinsicht leistungsfähiger ist.

Honigbienen zum Beispiel können gemeinsam als *Superorganismus* ein riesiges Nahrungsgebiet effizient nutzen. Sie können sich durch Nahrungsvorräte und ihre Bauten von Temperaturschwankungen und den Jahreszeiten ein Stück weit unabhängig machen. Sie können aufwendige Brutpflege betreiben, Feinde wirkungsvoll abwehren und den Superorganismus theoretische unbegrenzte Zeit am Leben erhalten. Entscheidend für diese neuen Fähigkeiten ist die Möglichkeit zur *Arbeitsteilung* und *Spezialisierung* auf der neuen, höheren Organisationsebene.



Die drei Glieder des Superorganismus Bienenvolk: Königin, Drohnen & Arbeiterinnen

Honigbienen gehören zur Insektenordnung Hautflügler (wie z.B. die Hummel) und durchlaufen eine vollkommene Verwandlung (Metamorphose).

Als Folge der *Arbeitsteilung* gibt es bei ihnen mit Königin, Drohne und Arbeiterin drei verschiedene „Ausführungen“ des erwachsenen Insekts. Jede ist auf eine bestimmte Aufgabe spezialisiert, an die sie durch Körperbau und Verhalten angepasst ist.



Königin, Drohne, Arbeiterin
im Größenvergleich

Königin

Die Königin ist ausschließlich auf die Erzeugung von Nachkommen spezialisiert und hat einen vergrößerten Hinterleib, in dem die Eierstöcke Platz finden.

Um die Vermehrung zu optimieren, wird sie rund um die Uhr umsorgt, ständig mit energie- und proteinreicher Nahrung gefüttert. Nur so kann sie täglich bis zu 2000 Eier produzieren. Das entspricht ihrem eigenen Körpergewicht!

Maximal hält eine Königin die Arbeit als „Legemaschine“ fünf Jahre durch. Sobald sie in ihrer Leistung zu sehr nachlässt, wird sie von den Arbeiterinnen durch eine neue Königin ersetzt.



Drohne

Drohnen sind männliche Bienen, die ebenfalls auf die Erzeugung von Nachkommen spezialisiert sind. Sie haben Hoden und um die Königin beim Hochzeitsflug zu finden besonders große Augen und Antennen. Dafür haben sie keinen Stachel oder Saugrüssel oder ähnliche „Arbeitsgeräte“ wie die Arbeiterinnen.

Sie entwickeln sich in etwas größeren Brutzellen am Rand der Waben aus unbefruchteten Eiern. Die Drohnen, von denen nur einige Tausend „produziert“ werden, beteiligen sich nicht an den Arbeiten im Stock.

Drohnen, die nach der Fortpflanzungszeit noch im Stock sind werden immer weniger gefüttert, bis sie schließlich verhungern.



Arbeiterin

Arbeiterinnen entwickeln sich wie Königinnen aus befruchteten Eiern. Da sie aber nur kurze Zeit mit einer speziellen Nahrung, der „Schwesternmilch“ gefüttert werden, reifen ihre Eierstöcke anders als bei der Königin nicht aus. Sie zeigen daher kein Fortpflanzungsverhalten, sondern übernehmen in Arbeitsteilung Tätigkeiten, die ein einzelnes lebendes Insekt, beispielsweise eine Einsiedelbiene (diverse Wildbienenarten), sämtlich alleine ausführen muss.

Dafür sind sie perfekt ausgestattet: sie haben spezielle Beinhaare zum Sammeln von Pollen, einen langen Saugrüssel zum Nektarsammeln, gute Augen & Fühler zum Blütenfinden, Wachsdrüsen am Hinterleib, einen Honigsammelmagen, eine Schwesternmilch-Drüse etc.



Let's work together!

Arbeitsteilung nach Lebensalter & Bedarf

Die Arbeiterinnen übernehmen altersabhängig verschiedene Tätigkeiten, was jeweils mit einer Veränderung in Verhalten und Körperbau verbunden ist.

Nach dem Schlüpfen kümmern sie sich um *Reinigung und Verschließen von Brutzellen*.

Anschließend füttern sie als *Ammenbienen* ältere Larven mit proteinhaltigem Pollen und energiereichem Honig. Mit speziellen Drüsen, die für einige Tage aktiv sind, produzieren sie dann die „Schwestermilch“, und füttern damit die jungen Larven. Einige Bienen übernehmen als „Hofstaat“ die Versorgung der Königin.

Andere nehmen von den zurückkehrenden *Sammelbienen* Nektar auf, verarbeiten ihn zu Honig und deponieren ihn in Vorratzzellen.

Im Anschluss sorgen sie als Putzbiene für Hygiene und entfernen *Verunreinigungen* und *tote Artgenossen* aus dem Stock. Sodann werden *Pollen in Vorratzzellen* eingestampft und mithilfe nun aktiver Wachsdrüsen Waben gebaut.

Ein Teil der Jungbienen übernimmt danach die „Aircondition“ des Bienenstocks:

Die *Heizerbienen* lassen ihre Flugmuskeln auf Hochtouren laufen und kuppeln gleichzeitig die Flügel aus (sonst würden sie ja dabei fliegen!). Durch die bei der Muskelarbeit entstehende Wärme regulieren sie die Temperatur im Brutnest auf 35°C. Das ist vor allem für die Verwandlung der Larven wichtig.

Da Heizerbienen die energieaufwendige Arbeit nur 30 Minuten durchhalten, gibt es mobile *Tankstellenbienen*, die sie mit „Treibstoff“, also Nektar, versorgen.

Droht Überhitzung, wird Wasser eingetragen und als Film über die Waben ausgebreitet. Die Verdunstung wird durch einen Luftstrom verstärkt, der durch Flügelschlagen erzeugt wird.

Einige Tiere arbeiten auch als *Wächterbienen* am Stockeingang, wo sie die ankommenden Bienen anhand ihres „Duftausweises“ überprüfen.

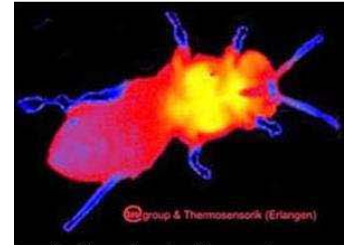
Dann endet das etwa 20-tägige Dasein als *Stockbiene*. Es beginnt für maximal drei Wochen die anstrengende Tätigkeit als *Sammelbiene*. Danach stirbt die Arbeiterin.

Nie durchläuft eine Biene alle Tätigkeiten und die Arbeiterinnen erledigen ihre Aufgaben auch unterschiedlich intensiv.

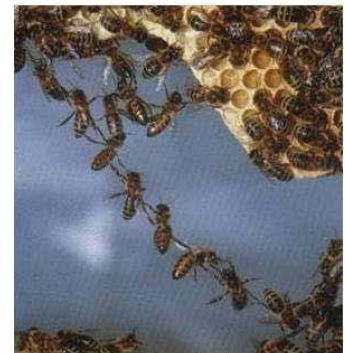
Bei Bedarf kann die zahlenmäßige Verteilung der Bienen auf die verschiedenen Tätigkeiten jederzeit an die aktuellen Erfordernisse angepasst werden.



Nektar einlagern oder Putzen



Infrarotaufnahme einer heizenden Biene



Bienenbrücke beim Wabenbau



beim Wachs-Schwitzen



Kontrolle am Eingang



Sammlerin auf Sonnenblume - mit Pollen eingestäubt

Der Jahreslauf des Superorganismus

Den Winter überleben die Bienen, indem sie sich dicht zu einer Traube zusammenschließen, in deren Zentrum sich die Königin befindet. Durch Muskelarbeit mit ausgekuppelten Flügeln wird - mit dem eingelagerten Honig als Brennstoff - eine Temperatur von 25°C im Inneren der Traube erzeugt, bei der das Bienenvolk überleben kann.

Mit den ersten wärmeren Tagen wird die Temperatur in der Traube auf 35°C erhöht. Die Aufzucht von Larven läuft an. Je mehr Blüten abgeerntet werden können, desto mehr Larven werden aufgezogen, bis das Volk die Maximalgröße von 50 000 Bienen erreicht hat. Signalstoffe der Königin, die durch gegenseitiges Füttern von den Arbeiterinnen weitergegeben werden, sind dann so „verdünnt“, dass sie die Arbeiterinnen nicht mehr hemmen, Drohnenzellen und auch fünf bis sechs größere Königinnenzellen zu bauen und so die Fortpflanzungszeit einzuleiten.

In den Drohnenzellen entwickeln sich männliche Tiere, in den Königinnen- oder Weiselzellen zunächst „normale“ weibliche Larven. Da diese aber ausschließlich mit der „Schwestermilch“ gefüttert werden, entwickeln sie sich zu Königinnen, also Weibchen mit voll entwickelten Eierstöcken.

Kurz bevor die erste **Jungkönigin** schlüpft, verlässt die alte Königin mit einem Großteil der Arbeiterinnen den Stock und schwärmt aus, um eine geeignete Wohnhöhle zu finden. Gelingt es dem Imker, den **Schwarm** jetzt einzufangen, kann er ihn in eine andere künstliche Wohnhöhle, einen Bienenkasten einsetzen.

Sind genügend Arbeiterinnen im alten Stock, kann die erste der geschlüpften Jungköniginnen einen Nachschwarm bilden und ebenfalls den Stock verlassen. Die nächste ausschlüpfende Jungkönigin tötet die übrigen und fliegt aus dem Stock.

Hochzeitsflug:

Drohne begattet die Jungkönigin im Flug



Auf diesem Hochzeitsflug paart sie sich mit mehreren **Drohnen** – nicht im Stock, denn diese sind ihre Brüder, so dass eine solche Paarung die genetische Vielfalt gefährden würde. Von diesen Drohnen nimmt die Jungkönigin einen Vorrat von Millionen Spermazellen

auf. Diese werden im Körper in einem speziellen Beutel gelagert, in dem sie jahrelang befruchtungsfähig bleiben. Danach kehrt die junge Königin in den Stock zurück und beginnt mit der Ablage von Eiern. Das Bienenvolk versucht jetzt möglichst viel Honig für den Winter einzutragen.

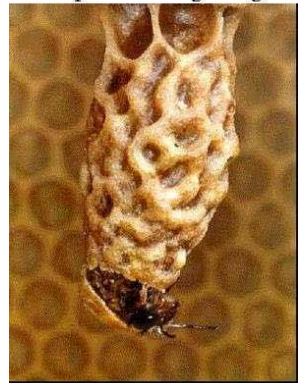


Herbst: vor dem Flugloch
"ausgesetzte" Drohnen

Im Herbst wird das Nahrungsangebot durch Blüten allmählich knapp. Drohnen die noch nicht zu einem Hochzeitsflug ausgeflogen sind werden nun „unnötige Esser“. Sie werden bei der „Drohenschlacht“ von den Arbeiterinnen ausgesetzt.

Die Königin vermindert allmählich ihre Legetätigkeit. Die Arbeiterinnen stellen die Sammelflüge ein. Mit Beginn der kühlen Jahreszeit bildet das Volk wieder die Wintertraube.

schlüpfende Jungkönigin



ER hat keinen Stachel



Bienen-Schwarm fliegt aus



Der **Schwarm** wartet bis Suchbienen eine Höhle zur Gründung des neuen Volkes gefunden haben.



Waben: Ingenieurskunst aus Wundermaterial

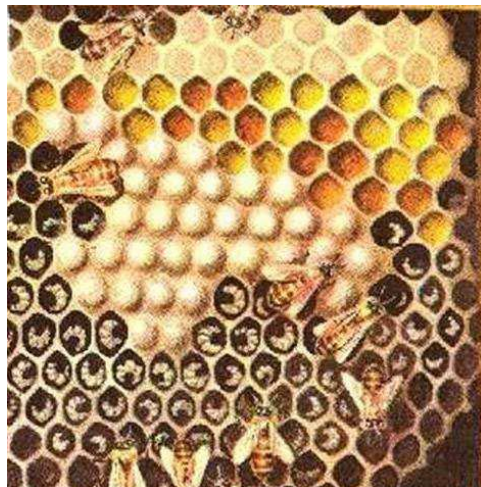
Waben sind Bauten mit hoch entwickelter Infrastruktur. Das Nest hat für die Honigbienen vielfältige Bedeutung: Es dient als Schutz- und Ruheraum, als Speicherplatz für Honig und Pollen, es ermöglicht Kommunikation und schafft optimale Bedingungen für die Aufzucht der Nachkommen. All das wird durch den Baustoff Wachs und die raffinierte *Wabenbautechnik* der Honigbienen erzielt.

Die Wachs produzierenden Drüsen der Honigbiene sind keine völlig neuen Organe. Sie sind aus Drüsen entstanden, die bei allen Insekten vorkommen und den wasserundurchlässigen Wachsfilm auf der Cuticula erzeugen.

Ein durchschnittliches Nest enthält etwa 5 Waben mit insgesamt 100 000 Zellen. Das Wachs wird mit größter Präzision zu fugenlos aneinandergrenzenden, sechseckigen Zellen geformt, deren Wände exakt 0,07 mm dick sind. Dabei benutzen die Bienen den eigenen Körper als Schablone und bauen um sich herum zylinderförmige Röhren auf. Dann erhitzen sie die Röhren auf 40°C. Das Wachs beginnt zu schmelzen und die exakten Sechsecke entstehen von selbst.

Mit ihren *Fühlern* können die Honigbienen nicht nur Blüten, sondern auch feinste Nuancen der Wachszusammensetzung unterscheiden und stockfremde Bienen am fremden Wachseruch sofort erkennen. Durch eine von Blütenknospen stammende harzige Substanz, *Propolis* oder *Kittharz* genannt, erhält das Wachs eine antibakterielle und pilztötende Beschichtung.

Passt in runde und in eckige Höhlen: eine Wabe aus 6-Ecken!



von oben nach unten: gedeckelte Honigtöpfchen
Pollentöpfchen
verpuppte Brut
Rundmaden und Eier



Bautrupp auf neuer Wabe
Siehst Du die Wachsbiene?



Wachsbiene rot umkreist



beim Wachs-Schwitzen
(helle Plättchen am Hinterleib)



Honig - Treibstoff und Heizstoff

Von Nektar zum Honig

Grundlage für die Vermehrung, die Bildung von Tochtorschwärmen und das Überleben des Volkes ist bei Bienen der energiereiche Honig.

Honig wird zur Aufzucht der Larven, als Energie liefernder Treibstoff für die Sammelflüge und für die Produktion von Wachs benötigt.

Den größten Teil des Honigs aber investiert ein Bienenvolk für Heizzweck. Dadurch macht es sich bei der Larven Aufzucht weitergehend von Schwankungen der Umgebungstemperatur unabhängig und kann den Winter überleben.

Die Bienen stellen Honig aus Nektar her, den sie von Blüten aufnehmen und in einem tankartigen Teil des Darms, dem Sammelmagen, speichern. Nektar enthält verschiedene Typen von Zuckermoleküle, darunter Glucose. Sammelbienen unternehmen pro Tag zwischen drei und zehn Ernteflüge. Wie fleißig sie sind, haben Forscher durch Mikrochips herausgefunden, die sie auf dem Bienenrücken befestigen.

Eine Honigbiene kann bei einem Flug etwa 70% ihres Eigengewichts, also etwa 40mg Nektar, transportieren. Unter optimalen Bedingungen könnte ein großes Volk theoretisch 1600 kg Nektar im Jahr eintragen. Die wirkliche Sammelleistung liegt jedoch mit 200-600 kg deutlich niedriger.

Bei ihrer Rückkehr pumpt die Sammelbiene den Inhalt ihres Sammelmagens nach oben und übergibt den Nektar an Stockbienen. Diese bieten ihn entweder anderen Stockbienen zum sofortigen Verzehr an, meist aber verarbeiten sie ihn zu Honig. Dabei entziehen sie dem Nektar das Wasser, indem sie ihn zwischen ihren Kiefern hin und her Kneten. Durch Enzyme werden größere Zuckermoleküle zerlegt und das Ganze durch Zusatz chemischer Verbindungen vor Pilz- und Bakterienbefall geschützt. Durch den Wasserverlust halbiert sich die Masse des eingetragenen Nektars etwa um die Hälfte. Aus 2 g Nektar entsteht 1 g Honig, die Menge, die in eine Honigvorratszelle passt.

Neben dem Nektar werden während der Sommermonate noch etwa 30 kg Pollen gesammelt, dem eiweißreichem „Schnitzel“ der Bienen.



Nektarverkostung



Sortenvielfalt!

- 1) flüssiger Akazienhonig
- 2) dunkler Waldhonig
- 3) gerührter Löwenzahnhonig

Vom wilden Schwarm zum Haustier Imker und andere Honigdiebe

Der Honigschatz eines Bienenvolks stellt eine sehr energiereiche Nahrungsquelle dar. Im Lauf der Evolution haben daher verschiedene Tiere den Honigdiebstahl als lohnendes „Zusatz Einkommen“ entdeckt.

Fremde Bienen oder verwandte Hautflügler, die die Wächterbienen erfolgreich geblufft haben, füllen auf diese Weise die eigenen Vorräte auf.

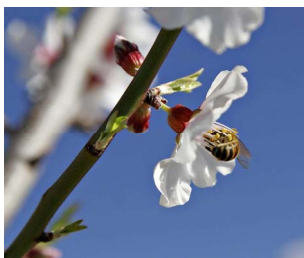
Bären oder der afrikanische Honigdachs naschen mit Leidenschaft Honig und vernichten dabei die ganze Wohnhöhle. Vor den Angriffen der Bienen sind sie durch ihre dicke Haut einigermaßen geschützt.

Vermutlich haben bereits die **Menschen** in der Steinzeit den Honig als wohlschmeckende Energiequelle entdeckt. Sie plünderten die Nester allerdings ähnlich rücksichtslos wie Bären.

Die Ägypter schätzten ebenso wie Griechen und Römer Honig als Heilmittel. Die Griechen begannen mit einer ernsthaften Wissenschaft der Bienenzucht. Bei den Römern gehörte das Imkern zum Allgemeinwissen. Ein Grundsatz der römischen Medizin war: jeden Tag etwas Honig und du bleibst gesund!

Im Mittelalter war viel dieses Wissen verloren gegangen. Im Reichswald sammelten „Zeitler“ Honig wieder von wilden Bienen in hohlen Bäumen. Bald stellten die Zeitler die hohlen Baumlöcher als Kästen nicht mehr im Wald, sondern im eigenen Garten auf. Die Bienen können ja von dort aus zum Futter fliegen!

Heute werden Bienen weltweit in großen Maßstab in Kästen gehalten, mit Rahmen, in die die Bienen ihre Waben bauen können. So ist der *Imker* mobil und kommt leicht an den Honig, ohne den Bienen zu schaden.



Als Haustiere in der Obhut von Imkern erzeugen sie große Mengen an Honig. Viel wichtiger ist jedoch die damit verbundene sichere **Bestäubung** vieler Millionen Obstbäume und Beerensträucher.

Erst sie sorgt ja für die Fruchtbildung und ermöglicht so ertragreiche Ernten. Deswegen wandern Imker gezielt in Obstanbaugebiete, um dort die Kirschen und Äpfel für die Obstbauern bestäuben zu lassen.

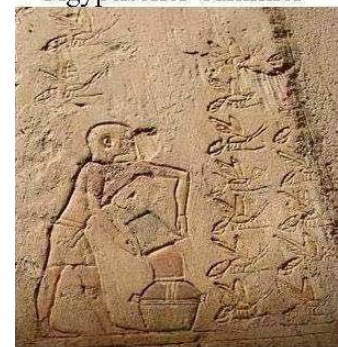
Braunbär



Steinzeitlicher Sammler



Ägyptischer Sammler



Mittelalterliche Zeitler



Moderne „Magazinbeuten“



Koevolution im "Nektarmarkt"

Ursprünglich wurde der Pollen bei Samenpflanzen durch den Wind übertragen, wie heute noch bei Nadelbäumen, Haseln oder Birken. Im Laufe der Zeit „entdeckten“ Insekten den reichlich produzierten Pollen als *Nahrungsquelle*. Der dabei erfolgende „unbeabsichtigte“ *Pollentransport* von einer Blüte zur anderen war auch für die Pflanzen ein Vorteil. Im einsetzenden *Konkurrenzkampf* um mehr Bestäuber waren einige Pflanzen begünstigt, die durch Abgabe von *Zuckerlösung* (Nektar) einen Zusatznutzen boten. *Duftstoffe* und *auffallende Blütenblätter* waren die nächsten Schritte im Wettbewerb.

Biene saugt Nektar, wird dabei mit Pollen bepodert



Gleichzeitig mit den Pflanzen veränderten sich auch die *bestäubenden Insekten* in der Weise, dass sie immer besser an das Finden und Abernten von Blüten angepasst waren. Die heutige Vielfalt von Blüten und Insekten ist also auch das Ergebnis einer Millionen Jahre langen evolutionären Wechselwirkung zwischen Insekten und Blütenpflanzen, die man als Koevolution bezeichnet.

Welchen **Vorteil** hatten die windblütigen Pflanzen durch die Insektenbestäubung?



Honigbienen sind heute die wirkungsvollsten Blütennutzer unter den Insekten. Rund 70% aller Samenpflanzen werden von ihnen besucht und dabei bestäubt. Bei Obstbäumen sind es sogar 90%.

Die Gründe für die beherrschende „Marktstellung“ sind einerseits Merkmale wie geeignete Mundwerkzeuge, Sammelbeine, ausgezeichneter Geruchssinn, Fähigkeit zum Farbsehen und hoch entwickeltes Lernvermögen.

Andererseits sind für den konkurrenzlosen Sammelerfolg der Honigbienen aber auch ihre *Organisation der Zusammenarbeit* und ihre einzigartige *Kommunikation* entscheidend.

Pollen-Sammelbeine - Riechantennen - Farbsehen - saugende Mundwerkzeuge;
dazu sozial zusammenarbeitend, lernfähig und kommunikativ!

die perfekte Blütennutzerin:



Im Nektargeschäft ist es eilig!

Nektarsammeln - so viel und so schnell wie möglich

Nahrungsangebot für Bienen ist in der Natur nicht gleichmäßig und verlässlich. Wenn ein Bienenvolk einen Blütenbestand mit hoher Nektar- oder Pollenproduktion entdeckt hat, muss die Futterquelle möglichst schnell abgeerntet werden, bevor Konkurrenten auftauchen, sich das Wetter verschlechtert oder die Blüten verwelken.



Prof. Karl v. Frisch

Einer der Ersten, der das Sammelverhalten von Honigbienen systematisch untersuchte, war der Münchener Biologe Karl von Frisch. Nach jahrelanger Forschungsarbeit gelang es ihm, die Art der Nachrichtencodierung der Honigbienen zu entschlüsseln. Für diese wissenschaftliche Leistung erhielt er 1973 den Nobelpreis.

Von Frisch beobachtete, dass nach der Rückkehr von ihm markierter Kundschafterinnen zum Stock in kurzer Zeit immer mehr Bienen desselben Volkes an der neuen Nahrungsquelle eintrafen. Er vermutete daher, dass diese Kundschafterinnen auf irgendeine Weise im Stock andere Sammelbienen über die Position der neuen Nahrungsquelle informierten. Für die Zusammenarbeit muss man sich unter einander also verständigen können. Im Bienenstock ist es aber *stockdunkel*...

Wenn man also nicht sehen kann - wie verständigt man sich dann?

Der Bienentanz

Kundschafterinnen werben freie Sammlerinnen an.

Um das Verhalten der Kundschafterinnen beobachten zu können, verwendete Karl von Frisch künstliche Futterquellen und im Tanz der Kundschafterin umgebaute

Bienenstöcke. Schnell erkannte er, dass die von der neuen Futterquelle zurückkehrenden Kundschafter-Bienen auf den senkrecht stehenden Waben im Stockinneren intensive, tanzartige Bewegungen durchführten.

Beim *Schwänzeltanz* geht die Kundschafterin gerade nach vorn, wobei sie den Hinterlieb schnell hin- und herbewegt („Schwänzeln“). Dann läuft sie im Halbkreis zurück, schließt erneut eine gerade Schwänzelpause an, läuft in der anderen Richtung im Halbkreis zurück, schwänzelt wieder gerade nach vorne, usw. Dieses Verhalten wiederholt sie viele Male. Bis zu zehn beschäftigungslose Sammelbienen tanzen ihr mehrfach nach und fliegen dann aus zu der Futterquelle, von der die Kundschafterin kam.

Bei seinen Beobachtungen fiel dem Bienenforscher auf, dass sich die Ausrichtung der Schwänzelpause gegenüber der Wabensenkrechte im Laufe des Tages kontinuierlich verschob, obwohl die Bienen die ganze Zeit dieselbe Futterquelle anfliegen. Das war für ihn ein entscheidender Hinweis auf den Code der Tanzsprache, der sich auf die Richtungsangabe bezieht.

Außerdem entdeckten die Forscher auch den *Rundtanz*. Die Biene läuft auf der senkrechten Wabe aufgeregt im Kreis, immer abwechselnd rechts und links herum, wobei Kolleginnen ihr hinterherlaufen.

Ohne moderne Methoden wie die Zeitlupenaufzeichnung ist die Untersuchung der Tanzsprache der Honigbiene sehr schwierig. Nach jahrelanger Forschungsarbeit gelang es ihm aber schließlich, die Art der Nachrichtencodierung zu entschlüsseln.



Welche **Informationen** über eine neue Futterquelle müssten enthalten sein?



Welche **Schlüsse** hättest DU an von Frischs Stelle aus dem **Hinweis** gezogen?

Wer entschlüsselt den Code?

Experimente zum Bienentanz

Experiment: Wie wird die **Richtung** der Futterquelle codiert?

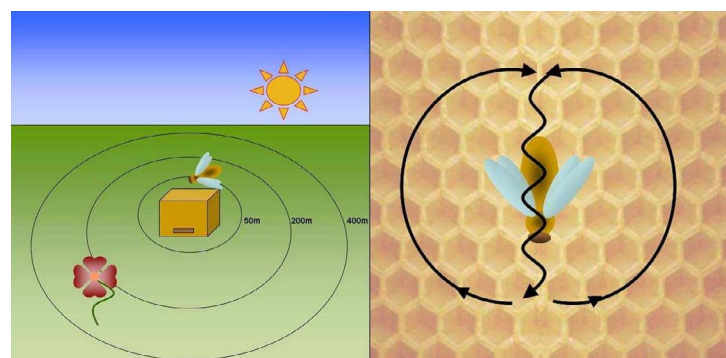
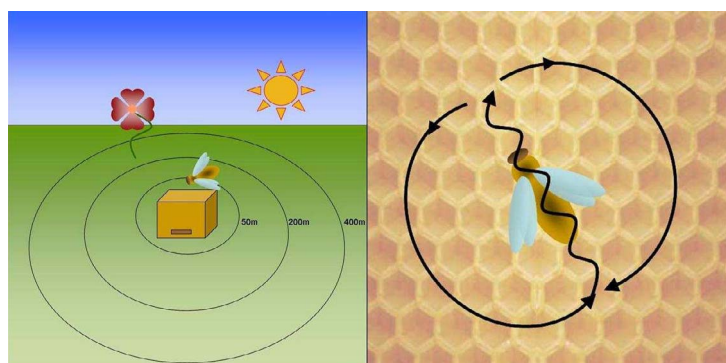
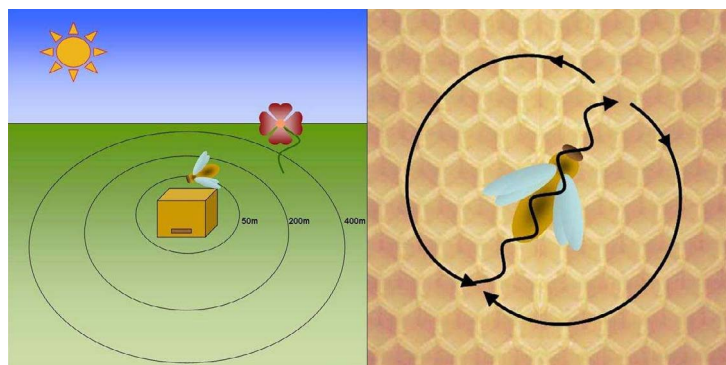
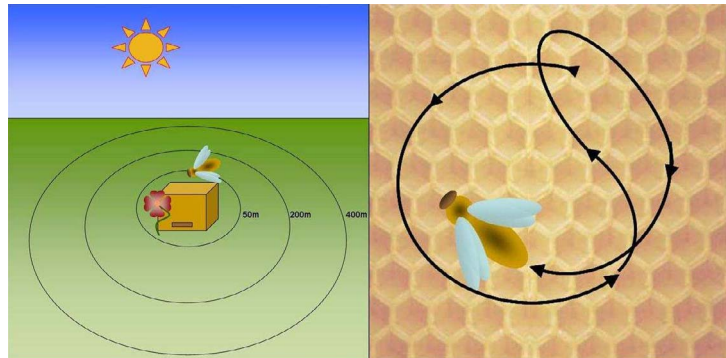
Die Bilder zeigen vier verschiedene experimentelle Situationen zur Tanzsprache der Bienen. Dargestellt ist jeweils die Situation im Gelände, das heißt der Bienenstock und die Position der Futterquelle (durch Blume symbolisiert). Dazu ist jeweils die Tanzfigur der Kundschafterin auf der senkrecht stehenden Wabe im Stock wiedergegeben.

Aufgabe

Versuche einen Zusammenhang zwischen der Position der Futterquelle in der Stockumgebung und dem Verhalten der von dieser Futterquelle zurückkehrenden Kundschafterbiene bei den verschiedenen Experimenten

herzustellen.

Formuliere dann den von Dir gefundenen Zusammenhang.



Heimkommenden Kundschafterinnen füttern Sammelbienen mit Nektar
Welche **Bedeutung** könnte dieses Verhalten haben?

Komplexe Körpersprache: der Bientanz

Die heimkommende Kundschafterin gibt an die zuhause gebliebenen Sammlerinnen alle nötigen Informationen weiter, um die Trachtpflanzen zu finden.

Die 1. Information steckt im *Geruch*. Die heimkommende Biene duftet und trägt Pollen der jeweiligen Futterpflanze in ihrem feinen Körperpelz. Somit wissen alle anderen Sammelbienen sofort, wie die Futterquelle duftet.

Die 2. Information steckt in der *Geschmacksprobe*, die die heimkommende Kundschafterin an die Sammlerinnen verfüttert. Nun wissen diese, wie die neue Nahrungsquelle schmeckt.

Als 3. Information braucht die neu rekrutierte Sammlerin den *Ort* zu dem sie fliegen muss.

Kundschafterin füttert Nektar:
„Wie schmeckt und riecht die neue Futterquelle?“



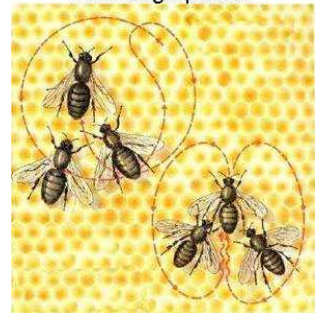
Rundtanz:

„Die Quelle ist nahe“

Befindet sich die Nahrung in einem Umkreis von ca. 50 m rund um den Bienenstock, vollführt die Biene einen so genannten „Rundtanz“: Sie läuft auf der senkrechten Wabe aufgeregt im Kreis, immer abwechselnd rechts und links herum.

Je ergiebiger und wertvoller die Trachtquelle ist, desto temperamentvoller und ausdrucksvoller ist der Tanz.

Welcher Tanz gehört zur nahen, welcher zur fernen Nahrungsquelle?



Schwänzeltanz:

„Die Quelle liegt fern in der Richtung“

Bei weiter entfernten Nahrungsquellen braucht man dringend noch die genaue Flugrichtung. Dazu dient der „Schwänzeltanz“: Die Bienen tanzen dazu Halbkreise, unterbrochen von geradlinigen Läufen, bei denen sie ihren Hinterleib rasch hin und her „wedeln“. Auf diesen Schwänzeleraden kehren sie jedes mal wieder zurück zum Startpunkt des zuvor durchlaufenen Halbkreises.

Dabei gibt in der Dunkelheit des Bienenstocks der Winkel bezüglich zur *Schwerkraft* den Winkel bezüglich zum *Sonnenstand* an. Das heißt: tanzt die Biene mit dem Kopf die Wabe hinauf - dann muss man zur Futterquelle in Richtung der Sonne fliegen.

Je weiter die Trachtquelle, umso langsamer wird getanzt. Die Biene informiert dadurch ihre Schwestern über Entfernung und Richtung der Nahrung, bis auf wenige Meter genau!

Die Bientanz-Sonnen-Uhr

Den Winkel, in dem die Futterquelle zur Sonne steht, zeigt die Biene auf der Wabe als Winkel zu Senkrechten.



Bsp.: *Blume in Sonnenrichtung - Tanz senkrecht nach oben!*

Stichwortverzeichnis

	Seite
A rbeitsteilung und Zusammenarbeit	4
B ienenkommunikation	11 ff
D rei Glieder des Bienenvolkes	3 f
E xperimente zum Bienencode	12
Bienenforscher Karl von F risch	11
I mker	8
J ahreskreis des Superorganismus	5
kleinstes H austier	3
H onig	7
H onigdiebe	8
K oevolution	10
N achrichtenverbreitung	11 ff
S uperorganismus Bienenvolk	3
W achs	7

8.2.3 Studie (II) Konsolidierungsmethode Quiz

Das Honigbienen Quiz



Wie immer.... ☺

Persönlicher Code

➤ heutiges Datum (z.B. 03.10.07)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
➤ Klasse (z.B. 8c)					<input type="text"/>	<input type="text"/>		
➤ Dein Geburtsmonat (z.B. Juni = 06)					<input type="text"/>	<input type="text"/>		
➤ Dein Geburtsjahr (z.B. 1993)					<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
➤ 1. und 2. Buchstabe des Vornamens deiner Mutter (z.B. S abine)					<input type="text"/>	<input type="text"/>		
➤ Du bist ein:					Mädchen	<input type="checkbox"/>	Junge	<input type="checkbox"/>



Quiz 1)



Quiz 2)



Quiz 3) (Beispiele)



Quiz 4)



Quiz 5)

1)
2)
3)
4)



Quiz 6)

--	--



Quiz 7)

1)

2)

3)

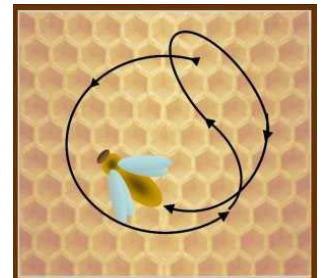
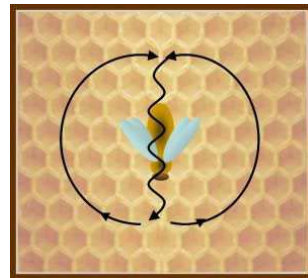
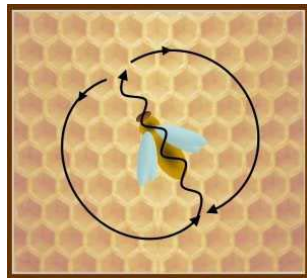
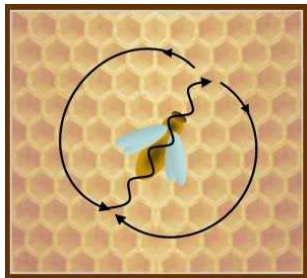
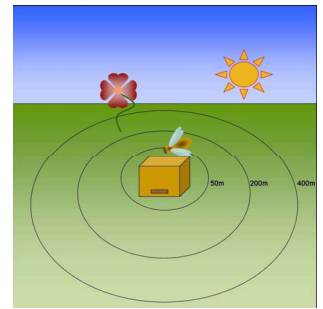
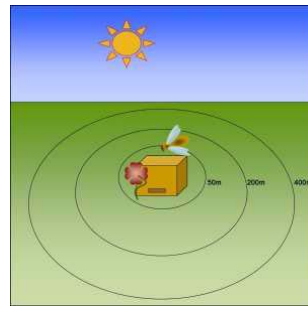
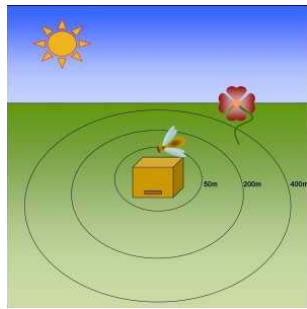
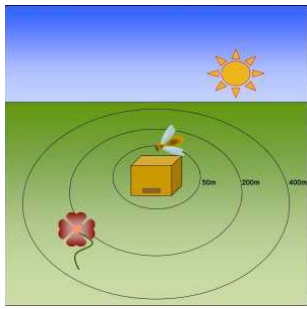


Quiz 8)

--	--



Quiz 9) *verbinde die Bildpaare mit einem Strich*



Alles gewusst?
Ein Bienenprofi.

8.2.4 Studie (II) Fragebögen



Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Vielen Dank, dass du an diesem Test teilnimmst!
Du kannst uns damit sehr helfen.

Der Test wird nicht benotet. Dein Name bleibt geheim.

Wir wollen nicht DICH testen - wir wollen verstehen, wie Schüler lernen. Deshalb:

Bitte bearbeite den Test alleine!

Bevor du mit der Bearbeitung der Fragen beginnst, brauchst du noch deinen persönlichen Code, eine Art Geheimzahl. Fülle dazu bitte diese Seite aus.

➤ heutiges Datum (z.B. 03.10.07)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
➤ Klasse (z.B. 8c)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
➤ Dein Geburtsmonat (z.B. Juni = 06)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
➤ Dein Geburtsjahr (z.B. 1993)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
➤ 1. und 2. Buchstabe des Vornamens deiner Mutter (z.B. S Abine)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
➤ Du bist ein:	Mädchen <input type="checkbox"/>	Junge <input type="checkbox"/>						

Hinweise:



Kreuze die Antwort an, die **Deiner** Meinung nach richtig ist.



Benutze **keinen** Tintenkiller!

Wenn Du Dich einmal vertan hast, dann übermale das Kreuz vollständig und kreuze ein anderes Kästchen an.



Bitte bearbeite den Fragebogen **alleine** und **sorgfältig**! Er wird **nicht** benotet und bleibt **geheim**!

Nur eine der Antworten ist richtig.

Kreuze die an, von der du meinst, dass sie richtig ist.

1) Welche Aussage zur Honigbienen-Königin ist FALSCH?

- Sie ist ein fruchtbares Weibchen.
- Von ihr gibt es nur ein einziges Exemplar im Bienenvolk.
- Sie hat einen „Harem“ an Männchen, die sie regelmäßig befruchten.
- Sie ist die Mutter aller Bienenstock-Bienen.

2) Woran erkennt man eine Königin?

- große Augen
- langer Hinterleib
- lange Fühler
- giftiger Stachel

3) Woran erkennt man eine männliche Biene?

- große Augen
- langer Hinterleib
- lange Fühler
- giftiger Stachel

4) Was machen Drohnen?

- treffen Jungköniginnen auf dem Hochzeitsflug
- füttern die Königin
- bauen Waben
- verteidigen das Flugloch

5) Was ist die erste Arbeit der frisch geschlüpften Arbeiterin?

- Putzen
- Torwache
- Sammeln
- Bauen

6) Was machen Arbeiterinnen NICHT?

- markieren das Revier 50 m rund um den Bienenstock
- verdauen den Nektar zu Honig
- füttern die Königin
- produzieren Wachs

7) Welchen der Stoffe suchen Bienen NICHT?

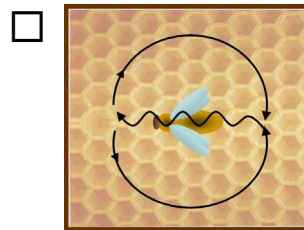
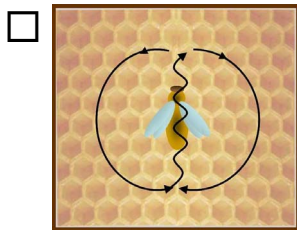
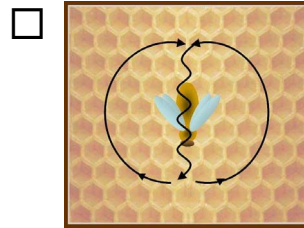
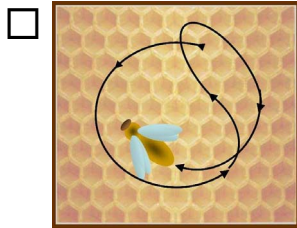
- Nektar
- Honigtau
- Pollen
- Wachs

- 8) Woraus bilden die Bienen ihre „Wohnung“?
- Chitin & Wachs
 - Holz & Chitin
 - Wachs & Kittharz („Propolis“)
 - Kittharz („Propolis“) & Holz
- 9) Woher gewinnen Bienen das Baumaterial für ihren Stock?
- Sammeln es von Blüten
 - Sammeln es von Knospen
 - Produzieren es in einem speziellen Magen und spucken es aus
 - Produzieren es mit speziellen Drüsen und schwitzen es aus
- 10) Was „lagern“ und bewahren sie NICHT in den Waben?
- Pollen
 - Honig
 - Nachwuchs
 - Kittharz („Propolis“)
- 11) Was ist ein „Superorganismus“?
- Ein Organismus, der durch Koevolution perfekt an seine Umgebung angepasst ist.
 - Eine Art, die in einem Biotop besonders häufig vorkommt und deshalb als übergeordnete (lat. „super“) Art bezeichnet wird.
 - Ein Mehrzeller, da die einzelnen Zellen in Arbeitsteilung leben und so einen „Superorganismus“ bilden.
 - Eine Gemeinschaft von mehreren eigenständigen Organismen, die zusammen Fähigkeiten entwickelt, die das einzelne Individuum der Gemeinschaft nicht hat.
- 12) Was ist „Koevolution“?
- Die gegenseitige Abhängigkeit zweier Wesen, beispielsweise von Bienen-Königin und der sie fütternden Arbeiterinnen.
 - Der Prozess der wechselseitigen Anpassung zweier Arten, die stark von einander abhängen.
 - Gleichzeitige Entstehung zweier Arten auf 2 Kontinenten, beispielsweise der europäischen und afrikanischen Biene.
 - Die Entwicklung der Bienenkönigin vom Ei bis zur Geschlechtsreife
- 13) Wie sagt die Sammlerin ihren Kolleginnen, **was** es zu fressen gibt?
- Der Bientanz verrät es.
 - Die Biene riecht danach.
 - Gar nicht. Die Biene verrät nur den Ort.
 - Spezielle Summgeräusche verraten es.

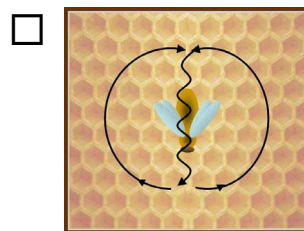
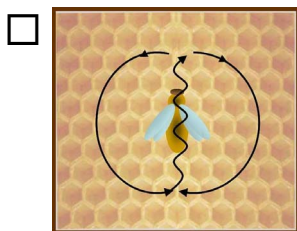
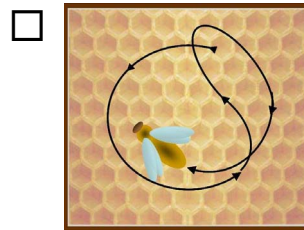
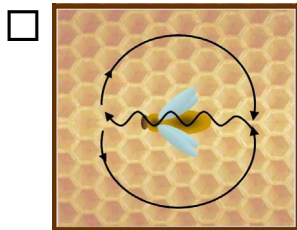
14) Wer hat den Bientanz entdeckt?

- Konrad Lorenz
- Heinz Sielmann
- Karl von Frisch
- Carl von Linne

15) Es ist Mittag. Die Futterquelle liegt 150 m im Süden des Bienenstocks. Wie tanzt die Sammlerin?



16) Welchen Tanz tanzt die Biene bei einer Futterquelle 50 m vom Stock in Richtung der Sonne?



... bitte umblättern!



Jetzt haben wir noch ein paar allgemeine Fragen.

Bitte nur ein Kreuz pro Frage.

6. Wie viel Erfahrung hast du mit Computern?

- gar nicht
 kaum
 mittelmäßig
 ziemlich viel
 außerordentlich viel

7. Besitzt du einen eigenen Computer?

- ja
 nein

8. Wie viel Zeit verbringst du durchschnittlich am Computer?

- Täglich
 Mehrmals die Woche
 Einmal pro Woche
 Nicht jede Woche

9. Wofür benutzt du deinen Computer?

Kreuze an, was du jeweils wie oft machst:

	nie	selten	gelegentlich	oft	immer
Kreativ (<i>malen, Bildbearbeitung etc.</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spiele	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internet surfen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zum Recherchieren im Internet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E-Mail	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ICQ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lernprogramme (<i>Vokabeltrainer etc.</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hausaufgaben erstellen (<i>Aufsatz schreiben etc.</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie schätzt Du Dich ein?

Bitte nur **ein** Kreuz pro Aussage.

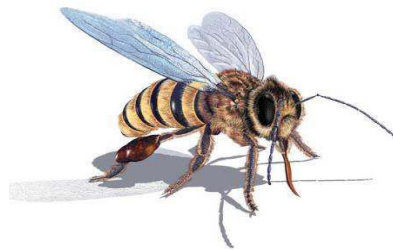
Ein Beispiel ☺

	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
Beim Krapfen-Wettessen bin ich immer Erster.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fragen anzukreuzen fällt mir leicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
Ich benutze den Computer, weil mich das sehr interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir macht es Spaß, für Probleme neue Lösungen zu Finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Häufig denke ich, ich bin nicht so klug wie die anderen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beim Lösen von Problemen bin ich gut darin, Ideen auf Arten zu kombinieren, die andere noch nicht probiert haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Umgang mit Computer stelle ich mich sehr geschickt an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin nicht sonderlich gut, wenn es darum geht, Probleme zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Für die Beschäftigung am Computer verzichte ich gerne auf andere Aktivitäten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verglichen mit den anderen bin ich nicht so begabt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich ein neues Computerprogramm erlernen muss, fühle ich mich schnell überfordert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei vielen Aufgaben bin ich mir schon im Voraus sicher, dass ich sie nicht lösen kann, weil ich dafür nicht begabt bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
Bei Problemen fallen mir so gut wie nie Lösungen ein, auf die nicht auch schon andere gekommen sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Am Computer zu spielen oder zu arbeiten macht mir richtig Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man kann mich schon als Computer-Crack bezeichnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich wollte, ich wäre so intelligent wie die anderen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin nicht sonderlich originell in meinen Einfällen, Gedanken und Handlungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Bitte schau noch mal nach, ob Du alle Fragen beantwortet hast!
Danke!**



Jetzt haben wir noch ein paar Fragen zur Stunde heute.


Bitte nur ein Kreuz pro Aussage.

Ein Beispiel:

	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	teils/ teils	trifft eher zu	trifft völlig zu
Fragen anzukreuzen fällt mir leicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Wie hast Du heute die Antworten für das Arbeitsheft recherchiert?

Hauptsächlich durch die Benutzung ...

des e-learning Kurses (der Biene folgend) 

der Link-Liste (linkes Feld)

der Stichwort-Liste

Denke an die heutige Biologiestunde...

	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	teils/ teils	trifft eher zu	trifft völlig zu
Das war eine Tätigkeit, die ich nicht sehr gut konnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war wichtig für mich, bei dieser Aufgabe gut zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der heutige Unterricht hat mich interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich in der Stunde unter Druck gefühlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diese Tätigkeit hat Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich denke, ich wahr ziemlich gut bei dieser Tätigkeit, verglichen mit anderen Schülern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich geärgert, dass ich in der Stunde nicht mitgekommen bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war in dieser Tätigkeit sehr entspannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Stunde hat mir Freude gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Unterricht hat mir Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich sehr bemüht bei dieser Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe nicht sehr viel Energie in diese Tätigkeit gesteckt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war mit der Stunde zufrieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich heute über den Lehrer geärgert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fand das Thema wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war ziemlich geschickt bei dieser Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war ängstlich, während ich an dieser Aufgabe gearbeitet habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Unterricht hat mich heute nervös gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich nicht sehr bemüht, um bei dieser Tätigkeit gut zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich empfand diese Tätigkeit als recht angenehm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diese Tätigkeit konnte meine Aufmerksamkeit überhaupt nicht binden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Was ich über das Thema erfahren habe, bringt mir was.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich heute über einige Dinge geärgert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Denke an die heutige Biologiestunde...	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	teils/teils	trifft eher zu	trifft völlig zu
Ich fühlte mich während dieser Tätigkeit unter Druck.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich empfand diese Tätigkeit als langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich während dieser Tätigkeit überhaupt nicht nervös gefühlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich halte mich für ziemlich gut bei dieser Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während dieser Tätigkeit habe ich darüber nachgedacht, wie sie mir gefällt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Unterricht hat mir Angst gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich gelangweilt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin mit meiner Leistung bei dieser Aufgabe zufrieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühlte mich während dieser Tätigkeit sehr angespannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich möchte mehr über das Thema erfahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich sehr angestrengt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war für mich eine gute Stunde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nach längerer Beschäftigung mit dieser Tätigkeit fühlte ich mich ziemlich kompetent.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war mit den Gedanken heute öfter woanders.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde diese Tätigkeit als sehr interessant bezeichnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Stunde war zum Einschlafen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Stunde hat heute ewig gedauert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir gefiel die Ausübung dieser Tätigkeit sehr gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der Stunde haben mich einige Dinge beunruhigt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie schätzt Du Dich ein?

Ich bin überzeugt, dass ich...	stimmt	stimmt nicht
...die Fertigkeiten, die in Biologie unterrichtet werden, beherrschen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... auch den kompliziertesten Stoff, den der Lehrer in Informatik vorstellt, verstehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... in Biologie auch den schwierigsten Stoff verstehen kann	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... in Hausaufgaben und Klassenarbeiten in Informatik gute Leistungen erzielen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... die Fertigkeiten, die in Informatik unterrichtet werden, beherrschen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... in Informatik auch den schwierigsten Stoff verstehen kann	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... in Hausaufgaben und Klassenarbeiten in Biologie gute Leistungen erzielen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... auch den kompliziertesten Stoff, den der Lehrer in Biologie vorstellt, verstehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Bitte schau noch mal nach, ob Du alle Fragen beantwortet hast!

Danke für Deine Mitarbeit!

8.3 Liste der Konzepte für das Concept Mapping

8.3.1 Konzepte für Concept Map „Kaulquappe“

Laich	Eier	Ballen
Brutpflege	Gesang	Paarung
Larve der Frösche	März	Insekten
Kiemmen	Lunge	Hinterbeine
Metamorphose	Algen	Schwanz
Vorderbeine	Frosch	Kaulquappe

8.3.2 Konzepte für Concept Map „Ökosystem See“

Produzenten	Destruenten	Bakterien
Konsumenten	Zersetzer	Pflanzen
Photosynthese	1. Ordnung	Sauerstoff
Fleischfresser	2. Ordnung	Biotop
Pflanzenfresser	Temperatur	Tiere
Biotische Faktoren	Biozönose	Licht
Abiotische Faktoren	Ökosystem	Lebensraum
Lebensgemeinschaft	Biomasse	Verbraucher

8.4 Bilder aus dem Klassenzimmer

8.4.1 Studie I – Anleitung bei Computer gestützter Freiarbeit (6.Klasse)

Ein Computerzimmer am Gymnasium



Teamwork 6.Klassen



Software: Lesen



Hören



Forscherfragen im Arbeitsheft bearbeiten

8.4.2 Studie II – Medienvergleich bei Freiarbeit: Computer & Buch (8.Klasse)

Arbeit mit dem Buch im Biologiesaal oder Klassenzimmer



Arbeit im Computerzimmer



1.3 Empirischer Fragebogen zur Intrinsischen Motivation (IMI) (Deci & Ryan, 1985)

Übersetzung des Fragebogens von (Schaal, Bogner, 2006???)
Befragung im Nachtest

Interess/Vergnügen

1.	Mir gefiel die Ausübung dieser Tätigkeit sehr gut.
2.	Diese Tätigkeit hat Spaß gemacht.
3. (R)	Ich empfand diese Tätigkeit als langweilig.
4. (R)	Diese Tätigkeit konnte meine Aufmerksamkeit überhaupt nicht binden.
5.	Ich würde diese Tätigkeit als sehr interessant bezeichnen.
6.	Ich empfand diese Tätigkeit als recht angenehm.
7.	Während dieser Tätigkeit habe ich darüber nachgedacht, wie sie mir gefällt.

Wahrgenommene Kompetenz

8.	Ich halte mich für ziemlich gut bei dieser Tätigkeit.
9.	Ich denke, ich wahr ziemlich gut bei dieser Tätigkeit, verglichen mit anderen Schülern.
10.	Nach längerer Beschäftigung mit dieser Tätigkeit fühlte ich mich ziemlich kompetent.
11.	Ich bin mit meiner Leistung bei dieser Aufgabe zufrieden.
12.	Ich war ziemlich geschickt bei dieser Tätigkeit.
13. (R)	Das war eine Tätigkeit, die ich nicht sehr gut konnte.

Anstrengung/Wichtigkeit

14.	Ich habe mich sehr angestrengt.
15. (R)	Ich habe mich nicht sehr bemüht, um bei dieser Tätigkeit gut zu sein.
16.	Ich habe mich sehr bemüht bei dieser Tätigkeit.
17.	Es war wichtig für mich, bei dieser Aufgabe gut zu sein.
18. (R)	Ich habe nicht sehr viel Energie in diese Tätigkeit gesteckt.

Druck/Anspannung

19. (R)	Ich habe mich während dieser Tätigkeit überhaupt nicht nervös gefühlt.
20.	Ich fühlte mich während dieser Tätigkeit sehr angespannt.
21. (R)	Ich war in dieser Tätigkeit sehr entspannt.
22.	Ich war ängstlich, während ich an dieser Aufgabe gearbeitet habe.
23.	Ich fühlte mich während dieser Tätigkeit unter Druck.

Antwortkategorie

trifft überhaupt nicht zu (1) – trifft eher nicht zu – trifft eher zu – trifft völlig zu (4)

Erklärung

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Ferner versichere ich, dass ich weder an der Universität Bayreuth noch an einer anderen Hochschule versucht habe, eine Dissertation einzureichen, oder mich einer Promotionsprüfung zu unterziehen.

Bayreuth, den 28.Juli 2009

A handwritten signature in black ink, reading 'Cathérine Conradty'. The signature is written in a cursive style with a long horizontal stroke extending to the right.

Cathérine Conradty