elektronisches dokument
ULB Sachsen-Anhalt

Untersuchungen zur Entwicklung experimenteller Kompetenzen durch den Einsatz multimedialer Arbeitstechniken im Biologieunterricht der Sekundarstufe II

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doktor paedagogicae (Dr. paed.)

vorgelegt der
Naturwissenschaftlichen Fakultät I – Biowissenschaften
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Biologie

von Anja Grimmer
geboren am 21. Oktober 1971 in Köthen

Gutachterin / Gutachter: 1. Prof. Dr. W. Lerchner

2. Frau Prof. Dr. Elke Hartmann

3. Prof. Dr. Dittmar Graf

Verteidigungsdatum: 21. Mai 2008

urn:nbn:de:gbv:3-000015189
[http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000015189]

Halle (Saale), September 2007

Inhaltsverzeichnis

	Inhaltsverzeichnis	2
	Abkürzungen und Symbole	3
1	**Einleitung und Aufgabenstellung**	4
2	**Theoretischer Rahmen**	8
2.1	Der Lernprozess und seine lernpsychologischen Voraussetzungen	8
2.2	Entwicklung experimenteller Kompetenzen im Biologieunterricht	12
2.2.1	Das Experiment und seine Bedeutung im Erkenntnisprozess	14
2.2.2	Experimentelle Kompetenzniveaus	16
2.3	Der Einsatz multimedialer Arbeitstechniken im Biologieunterricht der Sekundarstufe II	19
2.3.1	Aspekte zur Rolle der Neuen Medien in Alltag und Schule	19
2.3.2	Medienkompetenz	21
2.3.3	Überblick über Einsatzmöglichkeiten multimedialer Arbeitstechniken	24
2.4	Möglichkeiten der Verknüpfung des Schülerexperimentes mit den Neuen Medien	30
3	**Empirische Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung**	32
3.1	Wissenschaftliche Fragestellungen	32
3.2	Das Untersuchungsdesign	32
3.2.1	Untersuchungspersonen und Erhebungsinstrumente	32
3.2.2	Fachdidaktische Aspekte zur UE	36
3.2.3	Aspekte zu Arbeits- und Sozialformen während der UE	37
3.2.4	Didaktisch-methodisches Vorgehen	38
3.3	Untersuchungsdurchführung	52
3.4	Ergebnisse und Diskussion	53
3.4.1	Ergebnisse der Voruntersuchung	53
3.4.1.1	Ermittlung der medientechnische Kompetenzen der Schüler vor der UE	53
3.4.1.2	Ermittlung der experimentellen Kompetenzen der Schüler vor der UE	60
3.4.2	Ergebnisse der Hauptuntersuchung	63
3.4.2.1	Medientechnische Kompetenzentwicklung infolge der UE	63
3.4.2.2	Experimentelle Kompetenzentwicklung infolge der UE	69
3.4.2.3	Kognitive Leistungsmessung	80
3.4.3	Nachuntersuchung	83
4	**Schlussfolgerungen für den Biologieunterricht**	88
4.1	Wissenschaftstheoretischer Aspekt	88
4.2	Schulpolitischer Aspekt	92
4.3	Schulpraktischer Aspekt	92
5	**Zusammenfassung**	95
6	**Literaturverzeichnis**	97

Anhang

A 1 Erhebungsbögen
A 2 Arbeitsblätter
A 3 SPSS-Daten
A 4 Ergebnisse der experimentellen Gruppenarbeiten

Danksagung
Erklärung
Lebenslauf

Abkürzungen und Symbole

Abb.	Abbildung
A	Aufgabe
BLK	Bund-Länder-Kommission
Bsp.	Beispiel
bzw.	beziehungsweise
EPA	Einheitliche Prüfungsanforderungen
evtl.	eventuell
Exp.	Experiment
ggf.	gegebenenfalls
i. d. F.	in der Folge
IPN	Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften
KHJ	Kurshalbjahr
KMK	Kultusministerkonferenz
PC	Personalcomputer
RRL	Rahmenrichtlinien
SE	Schülerexperiment
Sek. II	Sekundarstufe II
Tab.	Tabelle
u. a.	unter anderem
UE	Unterrichtseinheit
usw.	und so weiter
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Das Ziel dieser wissenschaftlichen Arbeit besteht darin, zu untersuchen, inwieweit durch die Verknüpfung multimedialer Arbeitstechniken mit einem der wichtigsten Erkenntnismittel der Biologie, dem biologischen Experiment, entsprechende fachliche, experimentelle und medientechnische Kompetenzen ausgebildet bzw. erweitert werden können. Dies erfolgt im Rahmen einer ausgewählten Stoffeinheit des Kursthemas „Stoff- und Energiewechsel“ im Sekundarbereich II.

Die Notwendigkeit einer solchen Untersuchung ergibt sich aus einer Reihe von Problemfeldern, die zum einen das deutsche Bildungssystem allgemein zum anderen auch den Biologieunterricht selbst betreffen.

Als vordergründige Ursachen, die eine Veränderung der Unterrichtskultur notwendig machen, sind die doch als bedenkenswert einzuschätzenden Ergebnisse deutscher Schüler bei internationalen Vergleichsstudien (Baumert, Lehmann 1997; PISA 2000), die Ergebnisse neuer Kognitionsforschung (Spitzer 2000), die zunehmende Bedeutung multimedialer Arbeitstechniken nicht nur in der Alltagswelt, sondern auch im Bereich der Schulen und universitären Einrichtungen (Schulmeister 2001) und die Veränderung der Aufwachsbedingungen von Kindern und Jugendlichen (Gudjons 2006) zu nennen.

In Folge dessen wird der Ausbildung von grundlegenden Kompetenzen sowohl im Bereich der Fachkenntnisse als auch im Bereich der Methoden zunehmend mehr Bedeutung beigemessen. Nicht zuletzt auch durch den Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01. 12. 1989 i. d. F. vom 05. 02. 2004 über die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie. Diese enthalten zur Sicherung eines einheitlichen und angemessenen Anforderungsniveaus in der Abiturprüfung neben den fachlichen Inhalten und der Differenzierung von Grund- und Leistungskursen eine Auflistung von zu entwickelnden Kompetenzen in den folgenden Bereichen: Kompetenzbereich Fachkenntnisse, Kompetenzbereich Methoden, welcher sich aufgliedert in fachspezifische, naturwissenschaftliche und allgemeine Kompetenzen, Kompetenzbereich Kommunikation und Kompetenzbereich Reflexion (KMK, 2004).

Betrachtet man aber die momentane Situation des Biologieunterrichtes in deutschen Schulen, den Anteil und die Qualität des Experimentalunterrichtes, zeigen sich hier doch deutliche Differenzen zwischen dem was gefordert und

dem was tatsächlich geleistet wird bzw. dem was unter den gegebenen Bedingungen geleistet werden kann.

Von entscheidender Bedeutung für die Ausbildung von naturwissenschaftlichen Kompetenzen ist zweifelsohne der Einsatz des Experimentes im Unterricht. Studien zeigen, dass das Interesse der Schüler an der Durchführung von Schülerexperimenten deutlich größer ist als an Demonstrationsexperimenten (Hesse 1984, Löwe 1992). Grundsätzlich fällt jedoch das Interesse am Experimentieren von Klasse 5–9 stark ab. Eine Ursache dafür ist, dass das Experimentieren für die Schüler vielfach „nicht erfolgreich" ist und somit nicht zur Kompetenzerweiterung führt (Löwe 1992). Die Ausbildung experimenteller Kompetenzen bei den Schülern in der Sekundarstufe I ist oft nur unzureichend (Berck 1999). Eine mögliche Ursache könnte der geringe zeitliche Umfang des Experimentalunterrichtes im Rahmen des gesamten Biologieunterrichtes darstellen. Eine Umfrage des Verbandes Deutscher Biologen (Weigelt & Grabinski, 1997) ergab, dass bei rund 50 % der Lehrer der Anteil des Einsatzes von Experimenten unter 10 % liegt. Bei 40 % der Lehrer liegt er zwischen 20–40 %. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte Löwe (1990). Auch wenn es schul- und lerngruppenspezifische Unterschiede gibt, ist dieses Problem doch latent vorhanden.

Bezogen auf das für die Untersuchung relevante Kursthema „Stoffwechselphysiologie" zeigt sich auch in den Rahmenrichtlinien des Landes Sachsen-Anhalt, dass der Anteil an verbindlichen und erkenntnistheoretisch relevanten Schülerexperimenten gering ist. Doch gerade diese Thematik nimmt eine zentrale Stellung im Biologieunterricht ein und ist sowohl als Fachwissenschaft als auch in der unterrichtlichen Behandlung sehr komplex, was den Einsatz geeigneter Unterrichtsmedien notwendig macht. Eine bedeutende Rolle hierbei könnten die Neuen Medien einnehmen.

Viele stoffwechselphysiologische Experimente sind in der Schule mit mehr oder weniger großem Aufwand realisierbar. Der Einsatz multimedialer Arbeitstechniken kann hierbei sowohl zur Vorbereitung von Schülerexperimenten (z. B. zur Erarbeitung fachwissenschaftlicher Grundlagen, Nutzen vorgefertigter Protokollschemen), als auch während des Schülerexperimentes (z. B. zur Aufnahme von Messdaten, zur Veranschaulichung der ablaufenden Vorgänge) oder zur Auswertung dieser (Erstellen von Diagrammen, Fertigstellen von Protokollen) eingesetzt werden.

Diese Vorteile ergeben sich nur dann, wenn die entsprechenden Arbeitstechniken und Methodenkompetenzen eingeübt werden. Die der empirischen Unter-

suchung zugrundeliegenden Unterrichtseinheit soll hierzu Möglichkeiten der didaktisch-methodischen Einbeziehung multimedialer Arbeitstechniken in das Schülerexperiment aufzeigen.

Durch die Einbettung der Schülerexperimente in eine problemorientierte Unterrichtseinheit, in der durch offenere Aufgabenstellungen Freiräume für eigene kreative Denkleistung geschaffen werden, kann einem der Hauptdefizite des experimentellen Arbeitens in der Sekundarstufe II, dem geringen Anspruchsniveau beim schulbiologischen Experimentieren, begegnet werden. Denn häufig unterliegen Schülerexperimente eher einer engen Führung und erlauben wenig Raum für Eigenständigkeit und Kreativität, was meist mit der Konzentration der Unterrichtenden auf die Vermittlung von kognitiven Lerninhalten, die meist geprägt sind von einer hohen Stofffülle, zu erklären ist. Das Bestreben möglichst „glatte“ Versuchsergebnisse zu erhalten, die genau den theoretischen Grundlagen entsprechen, führt weiterhin zu einer Verarmung des Experimentalunterrichtes und die Entwicklung der experimentellen Kompetenzen geht über das bloße Beobachten von Erscheinungen nicht hinaus.

Eine Erhöhung der Anzahl von Schülerexperimenten allein, führt nicht zwangsläufig zu einer Verbesserung der experimentellen Kompetenzen. Vielmehr mangelt es auch an der Art und Weise der Einbettung der Schülerexperimente in den stofflichen Kontext der Unterrichtseinheiten. Oft findet sich eine Kluft zwischen dem hohen fachwissenschaftlichen Anspruch der Lerninhalte und den meist relativ einfachen, sehr zielorientierten und eng gefassten Aufgabenstellungen der entsprechenden Schülerexperimente.

Aus dieser Problemstellung heraus ergibt sich einmal mehr die Notwendigkeit dieser empirischen Studie. Die unterrichtstheoretischen Zielsetzungen dieser Arbeit bestehen zum einen darin, sinnvolle Verknüpfungen zwischen dem Einsatz multimedialer Arbeitstechniken und dem Einsatz von Schülerexperimenten aufzuzeigen und auf ihre Eignung hin zu untersuchen. Dabei soll im Besonderen die Integration von allgemeinen Problemlösungsverfahren und forschendes Arbeiten im Vordergrund stehen, um den speziell für die Sekundarstufe II bestehenden Lernzielen (KMK, 2004) Rechnung zu tragen.

Zu den Voraussetzungen für die Realisierung der empirischen Studie zählt insgesamt die Erfüllung folgender Teilaufgaben:

1) Erarbeitung einer Unterrichtseinheit zur Enzymatik unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von Problemlösestrategien, Schülerexperimenten und multimedialen Arbeitstechniken;

2) Auswahl geeigneter Untersuchungsmethoden und Entwicklung entsprechender Erhebungsinstrumente zur Ermittlung von medientechnischen und experimentellen Vorleistungen, Veränderungsmessungen und Leistungsmessung;
3) Testen ausgewählter Unterrichtssequenzen;
4) Durchführung der Untersuchung und statistische Erfassung;
5) Auswertung und Interpretation der Ergebnisse unter wissenschaftstheoretischen, schulpolitischen und schulpraktischen Aspekten.

2 Theoretischer Rahmen

Dieser Abschnitt verfolgt das Ziel, einen Überblick über die wichtigsten der für diese Arbeit bedeutsamen theoretischen Grundlagen aus den Bereichen der Lernpsychologie, der Fachdidaktik Biologie, bezogen auf den Einsatz und die Bedeutung des Experimentes zur wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, und der Mediendidaktik zu geben. Dabei wird die inhaltliche Ausrichtung umrissen und das Gegenstandsfeld der gesamten Arbeit abgegrenzt.

2.1 Der Lernprozess und dessen lernpsychologische Grundlagen

Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Untersuchung wird die Ausbildung experimenteller Kompetenzen unter Einsatz multimedialer Arbeitstechniken in einem problem- und handlungsorientierten Unterrichtsverfahren angestrebt. Eine solche in ihrer Komplexität und Kombination neuen unterrichtlichen Vorgehensweise verlangt auch die Einbeziehung der Aspekte des Lernprozesses und der neueren kognitionspsychologischen Forschung. Im Bereich der Neuen Medien hat sich in den letzten Jahren eine eigene Richtung, die Mediendidaktik etabliert. Bezüglich des problemorientierten und handlungsorientierten Unterrichtsverfahrens gibt es eine ganze Reihe von theoretischen Grundlagen, die notwendigerweise Berücksichtigung finden müssen. Im Bereich der Kognitionspsychologie gibt es neue Erkenntnisse bezüglich der Art und Weise des theoretischen Verarbeitens von Informationen und deren Speicherung. Ein großes Problem besteht darin, die für den Einsatz multimedialer Arbeitstechniken im experimentellen Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe wichtige Aspekte jedes Gebietes zu finden, zu werten und in das Konzept zu integrieren. Zumal sich in den aktuellen Veröffentlichungen kaum Beispiele dazu finden lassen. Häufig wird jedoch von der Notwendigkeit der Verknüpfung der einzelnen Wissensdomänen gesprochen und dies als ein Hauptproblem der aktuellen „Medienforschung“ angesehen, z. B. auch im Bereich der Entwicklung von Lernsoftware (Kerres 2001).

An dieser Stelle wird nun der Versuch unternommen aus all diesen unterschiedlichen Bereichen, die sich dennoch im weitesten Sinne alle mit Lernen und dem Lernprozess auseinandersetzen, die Essenzen zusammenzufassen, die

im Rahmen dieser Untersuchung von Bedeutung sind. Konkretisiert werden diese Ausführungen in den Abschnitten 2.2.1 und 2.3.2.

In den letzten Jahren wird verstärkt an der Entwicklung von theoretisch fundierten Modellen zum Lernen mit Neuen Medien gearbeitet (Mayer 1997; Schnotz & Bannert 1999). Hierbei geht es vorrangig um kognitionspsychologisch orientierte Rahmenmodelle, die zum Verständnis der zugrundeliegenden Prozesse des Wissenserwerbs beim Lernen mit multimedialen Lernsystemen dienen.

„Die Lehr- und Lernforschung ist sich mittlerweile darüber einig, dass Lernen ein aktiver Prozess des Konstruierens eigener Vorstellungen und Strukturen ist. Lernen ist kein passiver Prozess des Verinnerlichens dargebotener Fakten oder Zusammenhänge, sondern basiert auf dem eigenen Nacherfinden bzw. Verknüpfen von neuem Wissen mit den schon vorhandenen Wissensstrukturen“ (Peschel, 2003).

Neben den unterschiedlichen Voraussetzungen hinsichtlich der Vorkenntnisse und Erfahrungen im Umgang mit dem Computer (domänenspezifisches Vorwissen, Leutner 2000) sind bei der Entwicklung von Unterrichtskonzepten auch die individuellen Unterschiede zwischen den Lernern zu berücksichtigen. Von Bedeutung dabei sind räumliches Vorstellungsvermögen, Lernstil (Plass et al. 1998) und die Einstellung gegenüber den Neuen Medien.

Dementsprechend wurde die psychologische Forschung zur Informationsverarbeitung beim Lernen mit multimedialen Systemen in den letzten Jahren intensiviert (Kozma 1991). Im Vordergrund der Untersuchungen stehen die Fragen nach der Informationsverarbeitung in Abhängigkeit von der Art und Weise der Codierung von Informationen (Weidemann 1997). Mayer (1997) geht dabei von einem mehrstufigen, kodalitätsspezifischen Verarbeitungsprozess multimedial präsentierter Informationen aus. Danach werden solche Informationen zunächst selektiert, dann organisiert und integriert. Wobei er davon ausgeht, dass dabei textuelle und piktorale Informationen in getrennten Systemen verarbeitet werden und in modalitätsspezifischen mentalen Modellen resultieren.

Die meisten empirisch pädagogischen Forschungen zu den Neuen Medien sind stark geprägt von der Analyse kognitiver Prozesse des Wissenserwerbs (Brückner & Leutner 2000). Die Autoren verweisen jedoch darauf, dass kognitive Faktoren allein bestehende Unterschiede im Lernverhalten und den Leistungsunterschieden beim Wissenserwerb nicht erklären können. Eine Ursache hierfür könnten die erhebungstechnischen Probleme bei der Untersuchung motivationaler und emotionaler Faktoren sein.

Bisher fehlt es allerdings an empirischen Beweisen über die Effektivität multimedialer Lernumgebungen im Vergleich zu konventionellen Unterrichtsformen. So kommen Kerres & Jechle (1999) zu dem Fazit, dass der „schlüssige Nachweis der Effizienzsteigerung durch Computereinsatz in der Bildungsarbeit bereits grundsätzlich nicht einfach ist und empirisch bislang überraschend selten nachgewiesen worden ist. Es liegen nur vage Erkenntnisse vor, unter welchen Bedingungen der Einsatz von Computern eine Effizienzsteigerung mit sich bringen könnte. Das Argument der Effizienzsteigerung ist in der Praxis häufig vorgeschoben."

Zu einer ähnlichen Einschätzung gelangt auch Hasebrook (1995) in seinem Überblick über Metastudien und Einzeluntersuchungen zum Lernen mit Multimedia: „Die Mehrzahl der heutigen Multimediaanwendungen haben nur wenig oder keine positive Auswirkungen auf die Lernleistung. Die Lernwirksamkeit von Multimedia wird durch eine Reihe von inneren und äußeren Bedingungen beeinflusst. Dazu gehören Vorwissen, Lernstrategien und Lernmotivation, Art und Inhalt der Medien sowie deren Kombination, curriculare Einbindung der Bildungsmaßnahme sowie die Art des Arbeitens."

Dies bedeutet gleichsam, dass nicht der Einsatz multimedialer Arbeitstechniken an sich positive Lerneffekte bringt, sondern es bedarf einer didaktisch begründeten und sinnvollen Einbettung in das Unterrichtsgeschehen. Der Einsatz Neuer Medien wird nur dann als sinnvoll und gewinnbringend angesehen, wenn durch offenen Unterricht und ein weitgehend selbstgesteuertes Lernen die Rahmenbedingungen für einen kreativen und zum Denken anregenden Umgang mit dem Lerngegenstand geschaffen werden (Übersicht bei Thissen 2003). Hier finden sich Parallelen zu den Forderungen nach offenen, handlungs- und problemorientierten Unterrichtskonzepten, die von vielen Didaktikern und Fachdidaktikern der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer gefordert werden (Meyer 1987; Mayer 2006; Schmidkunz/Lindemann 1992; Gudjons 2006 u. a.).

Das jedoch offene Arbeitsformen zu einer fachlichen Leistungssteigerung führen ist bislang weder bewiesen noch wiederlegt worden (Huber 2000). Für den deutschsprachigen Raum gibt es bislang keine repräsentativen Studien (Jürgens 1995). Ältere Untersuchungen zu „open education" aus dem angloamerikanischen Raum (Giaconia & Hedges 1982; Peterson 1979) gelangen zu dem Ergebnis, dass offener Unterricht zwar Persönlichkeitsentwicklungen im Hinblick auf Kreativität und Selbständigkeit fördern, dass aber die Fachleistungen geringer ausfallen.

Die Unterrichtsverfahren, die auf eine weitgehend selbständige und z. T. auch selbsttätige Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand ausgerichtet sind, müssen von ihrer Anlage her gewährleisten, dass Schüler diesen Anforderungen aus entwicklungs- und kognitionspsychologischer Sicht gewachsen sind. Psychologische Forschungsergebnisse von Piaget (1976) und Aebli (1979) weisen auf den großen Einfluss der eigenen Aktivität beim Lernprozess hin. „Selbständig erworbenes Wissen wird leichter bei der Erarbeitung neuen Wissens bereitgestellt". Es ist „aktives Wissen", bestätigen ebenso Schmidkunz/Lindemann (1992). Dass die Anwendung solcher Unterrichtskonzepte sinnvoll und wichtig ist, beweisen auch die Ergebnisse der neueren Hirnforschung. „Dabei ist ‚Lernen' Prozess und Ergebnis der aktiven Auseinandersetzung des erkennenden und handelnden Subjektes mit seiner äußeren Welt. … Das heißt, er muss kognitive Strukturen in inhaltlichen Bereichen („Wissen") und in formalen Bereichen („Denken", „Fertigkeiten", „Können") aufbauen, immer wieder erweitern und erproben" (Gudjons 2006). Spitzer (2000) formuliert bezüglich der Voraussetzungen für das Erlernen komplexer Zusammenhänge, dass nur wenn ein sich entwickelndes Gehirn mit komplexen Inputmustern konfrontiert wird, es die zur internen Repräsentation dieser Inputmuster notwendigen Abstraktionsleistungen überhaupt vollbringen kann.

Bezüglich der Speicherung von Informationen im Gedächtnis ergeben sich durch die Ergebnisse der neueren Hirnforschung auch Konsequenzen für das „Lernen" in der Schule. So zeigt sich nach Spitzer (2000), dass es sich beim Gedächtnis um ein integriertes System, nicht um zwei getrennte Systeme für implizites und explizites Lernen handelt. „Der Kortex lernt vielmehr immer auf die gleiche Weise durch repetitive Verarbeitung von Reizen. Der (scheinbare) Unterschied zwischen impliziertem und expliziertem Lernen ist in der Tatsache begründet, dass Erlebnisse (neue Assoziationen) im Hippocampus rasch gespeichert und dann an den Kortex weitergegeben werden (explizites Lernen). Beim implizierten Lernen (von Fähigkeiten) wird die repetitive Erfahrung selbst vermittelt. Die eine Fähigkeit trainierende Person sorgt mithin selbst für die notwendige repetitive Darbietung des Inputs. … Beim Lernen findet eine Art Wettlauf zwischen dem Zerfall neu gelernter Informationen im Hippocampus und der Lernprozesse im Kortex statt. Die Aufnahmekapazität des Hippocampus ist begrenzt, die des Kortex ist groß. Es ist daher sinnvoll, dass der Hippocampus seine zwischengespeicherten Inhalte so rasch wie möglich und so oft wie möglich zur Verfügung stellt" (Spitzer 2000). Dies bedeutet gleichsam, dass zum Erler-

nen von Fähigkeiten, wie beispielsweise die experimentellen Fähigkeiten, diese zunächst kurz- bzw. mittelfristig im Hippocampus gespeichert werden, und erst bei häufigen, zeitlich nahe aneinanderliegenden erneuten Anwendungsphasen in den Kortex, zur langfristigen Speicherung aufgenommen werden. Dies spricht in der unterrichtlichen Konsequenz eher dafür, experimentelle Fähigkeiten im Rahmen von mehrstündigen, mehrwöchigen Einheiten auszubilden, in denen die Schüler häufig experimentell arbeiten. Erfolgt parallel die Einbettung der Schülerexperimente in ein forschendes Unterrichtskonzept, kann vielleicht auch die Problemlösefähigkeit so trainiert werden, dass die, dieses Verfahren bestimmenden Denk- und Handlungsstrukturen, im Kontext als Fähigkeiten gespeichert werden.

Bei der Entwicklung, der dieser Untersuchung zugrundeliegenden Unterrichtseinheit, wurde versucht, wesentliche kognitionspsychologische und mediendidaktische Aspekte mit denen der Fachdidaktik zu verknüpfen, um so der Besonderheit des Einsatzes multimedialer Arbeitstechniken während der geistig-praktischen Tätigkeit der Schüler Rechnung zu tragen. In den weiteren Ausführungen des theoretischen Teils werden wesentliche Aspekte konkretisiert.

2.2 Entwicklung experimenteller Kompetenzen im Biologieunterricht

Um schulpolitischen und fachdidaktischen Anforderungen zu entsprechen, muss es Aufgabe jeden Unterrichts sein, die Schüler zum aktiven, bewussten, selbständigen und schöpferischen Denken und Handeln zu befähigen. Dabei kommt vor allem in den naturwissenschaftlichen Fächern der Vermittlung fachgerechter Denk- und Arbeitsweisen, die die geistige und geistig-praktische Tätigkeit im Besonderen ansprechen, eine große Bedeutung zu.

Für die naturwissenschaftlichen Fächer stellen neben den kognitiven, emotionalen und motivationalen Faktoren auch die Fertigkeiten und Fähigkeiten fachspezifischer Arbeitstechniken einen wesentlichen Aspekt des Wissenserwerbs dar.

Das Experiment ist ein essenzielles Element naturwissenschaftlicher Forschung und Erkenntnisgewinnung.

Bezüglich des Bildungswertes und der Ziele des Einsatzes von Experimenten besteht weitgehend Übereinstimmung (Welzel u. a. 1998):

– Die Lernenden sollen Theorie und Praxis miteinander verbinden.
– Die Lernenden sollen experimentelle Fähigkeiten erwerben.

– Die Lernenden sollen Einblick in wissenschaftliche Denkweisen erhalten.
– Die Lernenden sollen motiviert werden.
– Die Persönlichkeitsentwicklung der Lernenden soll gefördert werden.

Doch wie bereits in der Einleitung erläutert, entspricht der Einsatz von Schülerexperimenten sowohl von der Häufigkeit des Einsatzes als auch in der didaktisch-methodischen und erkenntnistheoretischen Einbettung zur Zeit nicht den Anforderungen. Der Ausbildung entsprechender experimenteller Kompetenzen wird im Bereich der gymnasialen Oberstufe wenig Bedeutung zuteil.

Als Faktoren die das experimentelle Arbeiten beeinträchtigen, wurden in der Studie von Meyer (1986) vorrangig zu hoher Zeitaufwand, zu große Klassen, experimentelle Erarbeitung zu anspruchsvoll und zu große organisatorische Probleme genannt.

Die Tabelle 1 macht deutlich, dass der prozentuale Anteil der Durchführung von Schülerexperimenten auch bei den verschiedenen Themen im Kursunterricht nicht wesentlich höher liegt.

Tab. 1: Häufigkeit von Schülerexperimenten in Kursthemen des Biologieunterrichts in % (bezogen auf 100 %; nach Beisenherz 1980)

Themenbereich	ohne Experimente	mit Demonstrations-experimenten	mit regelmäßigen Schülerexperimenten
Cytologie	50	17	14
Stoffwechselphysiologie	**55**	**27**	**3**
Reizphysiologie	42	22	10
Genetik	60	18	9
Entwicklungsphysiologie	70	16	6
Evolutionsbiologie	69	14	6
Ökologie	56	10	18
Ethologie	55	17	18

Betrachtet man nun die Vorgaben der Einheitlichen Prüfungsanforderungen für die Abiturprüfungen im Fach Biologie, dann wird deutlich, dass es unabdingbar ist, neue Wege zu finden die Schülerexperimente verstärkt in den Unterrichtsprozess zu integrieren, und zwar unter der Voraussetzung, dass experimentelle Kompetenzen auf einem der Sekundarstufe II angemessenen Niveau ausgebildet werden können.

Die im Folgenden aufgeführten Kompetenzen, stellen eine Auswahl der in den EPAs (KMK, 2004) geforderten Kompetenzen dar. Deren Ausbildung bzw. Erweiterung steht im Vordergrund der geplanten Unterrichtseinheit.

Kompetenzbereich Methoden

a) Fachspezifische Kompetenzen
   Im einzelnen können die Prüflinge:
   – biologische Phänomene beobachten, beschreiben, quantitativ erfassen, vergleichen und erklären,
   – biologische Phänomene und Sachverhalte begrifflich präzise fassen,
   – geeignete Arbeitstechniken und Methoden für biologische Untersuchungen auswählen und anwenden,
   – grundlegende biologische Prinzipien (Basiskonzepte) und Erklärungskonzepte anwenden,
   – Erkenntnisse und Betrachtungsweisen anderer Naturwissenschaften nutzen, z. B. Chemie: Säuren, Basen, Ionenbildung; Physik: elektrische Leitfähigkeit.

b) Naturwissenschaftliche Kompetenzen
   Im einzelnen können die Prüflinge:
   – Experimente planen, durchführen, protokollieren, auswerten, qualitative und quantitative Betrachtungen einbeziehen,
   – Fehlerbetrachtungen vornehmen,
   – Prognosen entwickeln, Hypothesen bilden und prüfen,
   – Unterscheiden, welche Fragen naturwissenschaftlich untersucht werden können und welche nicht,
   – Definitionen, Regeln und Gesetzmäßigkeiten formulieren und als Arbeitsmittel verwenden,
   – Sachverhalte mit Hilfe von Symbolen, Formeln, Gleichungen, Tabellen, Diagrammen, graphischen Darstellungen, Skizzen veranschaulichen.

Es verlangt vom Unterrichtenden ein hohes Maß an didaktischen Überlegungen und methodischem Geschick, um die Durchführung eines Schülerexperimentes nicht nur ergebnisorientiert, im Sinne der Theorie sondern auch verfahrens- und kompetenzorientiert zu gestalten.

Dies ist nur dann möglich, wenn das Experiment in den Erkenntnisprozess integriert wird und somit zum Gegenstand des Erkenntnisprozesses wird.

2.2.1 Das Experiment und seine Bedeutung im Erkenntnisprozess

Die Grundvoraussetzung für die Aufnahme und Speicherung von Informationen, also das Lernen, ist die, wie bereits im Kapitel 2.1 dargelegt, aktive Auseinander-

setzung mit dem Lerngegenstand und bedarf einer eigenständigen Nacherfindung und Verknüpfung von neuen Erkenntnissen mit bereits vorhandenen Wissensstrukturen. Das Experiment bietet wie kaum eine andere Arbeitsweise die Möglichkeit Schüler zu aktivem und selbständigen Denken und Handeln anzuregen. „Das richtig verstandene Experimentieren … beinhaltet ein ständiges Nacheinander und Miteinander von gedanklicher Auseinandersetzung und handelndem Umgang mit dem Versuchsobjekt“ (Eschenhagen, Kattmann, Rodi 2001).

Erfahrungswerte und wenige Untersuchungen (Kasbohm 1975; Killermann 1996; Klautke 1997) lassen die Annahme zu, dass die Durchführung von schulischen Experimenten die Lerneffektivität steigern.

Entscheidend dabei ist die Integration des Schülerexperimentes in den Erkenntnisprozess. Es gibt eine ganze Reihe unterrichtlicher Konzepte, die dies beinhalten. So wären in diesem Zusammenhang z. B. der Handlungsorientierte Unterricht, das Forschende Lernen, das Problemorientierte Lernen, das Entdeckende Lernen (Bruner 1970), der Forschend-entwickelnde Unterricht (Schmidkunz/Lindemann 1992) zu nennen.

Im Rahmen der Unterrichtseinheit Enzyme wird vorwiegend handlungsorientiert und forschend gearbeitet. Auf eine umfassende Darlegung der hinter der Theorie des handlungsorientierten Unterrichtes stehenden verschiedenen Interpretationen und Begrifflichkeiten soll an dieser Stelle verzichtet werden, da diese sehr umfangreich sind und nicht dem Ziel dieses Kapitels entspricht. Eine Übersicht dazu findet sich unter anderem bei Meyer (1987). Als Arbeitsdefinition wähle ich die, die auch Meyer formulierte: „Handlungsorientierter Unterricht ist ein ganzheitlicher und schüleraktiver Unterricht, in dem die zwischen dem Lehrer und den Schülern vereinbarten Handlungsprodukte die Organisation des Unterrichtsprozesses leiten, so dass Kopf- und Handarbeit der Schüler in ein ausgewogenes Verhältnis zueinander gebracht werden können“ (Meyer 1987).

Argumente für die Begründung des handlungsorientierten Unterrichts finden sich u. a. bei Gudjons (2000, 2006). An dieser Stelle sei nur auf einige dieser eingegangen. Aus lern- und kognitionspsychologischer Sicht wird deutlich, dass sich durch den handelnden Umgang mit Lerngegenständen sich handelnde Denkstrukturen aufbauen. Für eine multiple Eincodierung ist der „Tu-Effekt“ – also die Unterstützung des Lernens durch Handeln – von großer Bedeutung (Einsiedler 1996). Handelnd lernen in lebensnahen Problemen, durch Forschen, Entdecken und Erkunden, fördert den Aufbau netzwerkartiger Verbindungen im Gehirn (Gudjons 2006).

Die Elemente des forschenden Lernens (Mayer 2006 c) zeigen Wechselwirkungen mit Aspekten des problemorientierten, des kooperativen, des eigenständigen, offenen Lernens und des Lernens in Kontexten. Durch die Einbettung des Schülerexperimentes in ein forschendes Unterrichtskonzept werden bzw. können folgende Schritte des Erkenntnisprozesses nachvollzogen werden (Abb. 1).

Problem	➤	Formulierung einer Fragestellung, die naturwissenschaftlich untersucht werden kann
	➤	Formulierung einer begründeten Hypothese
Planung	➤	Ableitung von empirisch überprüfbaren Folgerungen aus der Hypothese
	➤	Identifizierung der abhängigen, unabhängigen und zu kontrollierenden Variablen
	➤	Planung des Vorgehens zur Durchführung eines Experimentes
Durchführung	➤	Aufbau der Versuchsanordnung
	➤	Durchführung der Untersuchung
	➤	Gewinnen und Protokollieren der Daten
Auswertung	➤	Auswertung der Messergebnisse und Beobachtungen
	➤	Vergleich der Ergebnisse mit der Hypothese (Verifikation/Falsifikation)
Deutung	➤	Interpretation der Ergebnisse durch Bezug zu ähnlichen Forschungsbefunden sowie zur Theorie
	➤	Diskussion der Genauigkeit der Befunde (Fehlerdiskussion)
	➤	Generalisierung der Ergebnisse

Abb. 1: Prozess des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses (Mayer 2006).

Multimediale Arbeitstechniken können im Rahmen des Einsatzes von Schülerexperimenten im forschenden Unterrichtsverfahren an entsprechenden Stellen Vorteile gegenüber anderen Unterrichtsmedien bieten. Im Abschnitt 2.3 werden entsprechende Möglichkeiten aufgezeigt.

2.2.2 Experimentelle Kompetenzniveaus

Die Einteilung der experimentellen Kompetenzniveaus orientiert sich an der Stellung der Schülerexperimente im Rahmen des Erkenntnisprozesses. Hierbei wird von einer Analyse der schulischen Experimente nicht nur bezüglich der angestrebten fachlich-inhaltlichen Lernzuwächse sondern auch unter Berücksichtigung des Aspektes der Kompetenzentwicklung ausgegangen.

Der Begriff: Experimentelle Kompetenzen beinhaltet in diesem Kontext alle für das Experimentieren erforderlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten und wird unmittelbar dem Bereich der Methodenkompetenz zugeordnet.

Die im folgenden dargestellten Kompetenzniveaus experimentellen Arbeitens und ihre wesentlichen Merkmale entstammen dem bereits erwähnten BLK-Programm zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (Modul 2) des IPN-Kiel. Sie stellen eine wertvolle Hilfe bei der Pla-

nung von Schülerexperimenten bezüglich ihrer Stellung im Rahmen des Erkenntnisprozesses dar. Denn die an die Schüler gestellten experimentellen Ansprüche weisen ein unterschiedliches Niveau auf, und reichen von einfachen, oft rezeptiven Tätigkeiten bis zu selbständigen, komplexen Handlungsanforderungen mit unterschiedlichen Tätigkeiten. In diesem Zusammenhang und in Anlehnung an die, in den einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Fach Biologie definierten und fachspezifisch untersetzten drei Anforderungsbereichen werden drei Kompetenzniveaus für das schulische Experimentieren eingeführt.

Kompetenzniveau I

Beherrschen einfacher experimenteller Vorgehensweisen und Handlungsroutinen auf der Basis technischer Fertigkeiten und algorithmischer Handlungsabläufe.

Als Basis für das selbständige Experimentieren werden hier technische Kenntnisse und Fertigkeiten bezüglich fachspezifischer Geräte und deren Zusammenwirken in experimentellen Anordnungen angesehen. Die Schüler kennen Grundstrategien im systematischen Experimentieren, können formulierte Zielstellungen in Zusammenhang mit der gezielten Variation von Parametern setzen sowie Beobachtungs- und Messergebnisse formulieren bzw. aufzeichnen. Die gewonnenen Ergebnisse können in Beziehung zur experimentellen Zielsetzung gesetzt werden.

Auf diesem Kompetenzniveau des Experimentierens wird ein stark lehrergelenktes Vorgehen unter Nutzung einfach strukturierter und überwiegend algorithmischer Handlungsvorschriften dominieren.

Ergänzt werden sollte in diesem Zusammenhang auch die Einweisung in das Protokollieren von Versuchen/Experimenten. Da der Biologieunterricht in den meisten Fällen der erste naturwissenschaftliche Unterricht ist, in dem Versuche bereits in der Jahrgangsstufe 5 durchgeführt werden, kommt hier der vorunterweisenden Einführung des Protokollierens eine besondere Bedeutung zu.

Kompetenzniveau II

Anwenden und Transfer komplexer experimenteller Handlungsroutinen in veränderten naturwissenschaftlichen Kontexten.

Verfügen die Schüler über hinreichend Sach- und Methodenkompetenz im zielgerichteten Umgang mit weitgehend bekannten Geräten und Anordnungen zu einem Lerngebiet, sind die Voraussetzungen für eine vertiefte, stärker selbständige experimentelle Durchdringung weiterer Erscheinungen und Zusam-

menhänge gegeben. Sie werden herangeführt, experimentelle Anordnungen selbständig auszuwählen, zu erweitern und zu variieren. Die erlernten Grundstrategien werden beim Experimentieren angewendet, hinsichtlich ihrer Eignung in neuen Zusammenhängen kritisch hinterfragt, erweitert und vervollkommnet. Es erfolgt eine stärkere Beachtung der Interpretation von Messergebnissen und deren kritische Diskussion.

Zur Unterstützung des Arbeits- und Lernprozesses können didaktische Hilfen mit stärker heuristischem Charakter Anwendung finden. Der Anteil lehrergelenkten Experimentierens kann zugunsten stärker schülerzentrierter Vorgehensweisen verringert werden.

Kompetenzniveau III

Selbständiges Experimentieren unter Anwendung eigener Handlungsstrategien zur Untersuchung komplexerer Zusammenhänge, einschließlich stringenter Darstellung, Reflexion und Interpretation der Ergebnisse.

Auf diesem Kompetenzniveau können die Schüler damit konfrontiert werden, selbständig weitgehend unbekannte naturwissenschaftliche Sachverhalte und Zusammenhänge zu untersuchen. Sie sind gefordert, eigenständig die experimentellen Ziele zu formulieren bzw. zu präzisieren, die notwendigen Handlungsstrategien zu entwickeln, die experimentelle Anordnung zu planen und aufzubauen, die Beobachtungen bzw. Messungen durchzuführen und die Ergebnisse aufzuzeichnen sowie die Ergebnisaufbereitung und Auswertung durchzuführen. Dabei müssen sie notwendige experimentelle Grundkompetenzen beherrschen, sicher anwenden können und in der Lage sein, unter Verwendung von Informationsmaterial und Hilfsmitteln selbständig ihre Kompetenzen zu erweitern.

Sie besitzen damit die Voraussetzungen und die notwendigen Kompetenzen, naturwissenschaftliche Experimente zielgerichtet im Lern- und Erkenntnisprozess anzuwenden.

Da in meiner Arbeit die Ausbildung experimenteller Kompetenzen im Vordergrund steht, werde ich mich auf diese meiner Meinung nach sehr gut nachvollziehbare Einteilung der experimentellen Kompetenzen beziehen.

Für die Durchführung von Schülerexperimenten in der Sekundarstufe II ist von einer bereits vorhandenen, wenn auch z. T. zwischen den einzelnen Schülern stark differierenden grundlegenden Ausbildung experimenteller Kompetenzen auf den ersten beiden Niveaustufen auszugehen.

2.3 Der Einsatz multimedialer Arbeitstechniken im Biologieunterricht der Sekundarstufe II

Die Entwicklung experimenteller Kompetenzen stellt einen hohen Anspruch an die Planung und Durchführung experimenteller Unterrichtseinheiten dar. Aber warum nun unter Einsatz multimedialer Arbeitstechniken? Im Abschnitt 2.2.1 werden Defizite des experimentellen Arbeitens in der Sekundarstufe II aufgezeigt. Ein wesentliches Problem stellt dabei das z. T. zu geringe Anspruchsniveau der didaktisch-methodischen Einbettung von Schülerexperimenten in den Unterricht dar. Im Folgenden werden zunächst Möglichkeiten des Einsatzes der Neuen Medien generell und im Speziellen im Zusammenhang mit dem experimentellen Arbeiten aufgezeigt.

2.3.1 Aspekte zur Rolle der Neuen Medien in Alltag und Schule

Der Einsatz der Neuen Medien im Unterricht verlangt nicht nur die Planung materieller und organisatorischer Rahmenbedingungen oder didaktischer Konzepte, sondern es gilt auch die domänenspezifischen Vorkenntnisse und Dispositionen der Schüler zu berücksichtigen. Eine empirische Studie „Jugend, Information, (Multi-)Media“ (JIM, 1998) untersuchte beispielsweise die Nutzung der vielfältigen Spektren der medialen Angebote durch die Jugendlichen. An dieser Stelle sei nur auf einige für diese Arbeit relevante Ergebnisse hingewiesen. Es konnte festgestellt werden, dass das Interesse der Jugendlichen (12–19 Jahre) am Computer hoch ist, dass sich hierbei aber deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede zeigen. Jungen haben durchschnittlich ein signifikant höheres Interesse am Computer als Mädchen. Auch Niegemann (1995) bestätigt, dass es signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede hinsichtlich des Interesses und des Wissens um den Computer gibt. Mädchen beschäftigen sich weit weniger intensiv mit dem Computer und stehen ihm insgesamt distanzierter gegenüber. Bei ihnen steht mehr die Frage nach der konkreten Nützlichkeit im Vordergrund (Fauser 1992).

„Eine weitere signifikante Differenz lässt sich an der besuchten Schulform festmachen: je höher die Wertigkeit des angestrebten Bildungsabschlusses desto eher wird der Computer als Medium genutzt“ (Gutheil/Mügge 2000). Auf die Frage nach ihrer Einstellung zu diesem Medium und welchen Stellenwert sie ihm jetzt und in der Zukunft zuordnen, wurde dem Computer ein hohes Maß an Interesse und an Wertschätzung zugestanden. Viele Jugendliche sehen durch die

Entwicklung von Kenntnissen und Fähigkeiten im Umgang mit dem Computer größere Chancen für sich – auch in ihrer beruflichen Entwicklung.

Bezüglich der Anwendungen am Computer bildet das Spielen eindeutig den Schwerpunkt, vor allem bei jüngeren Schülern und vor allem unter den männlichen Nutzern.

Interessant ist, dass die Punkte: Texte schreiben, Arbeiten für die Schule, Zeichnen, Graphiken erstellen, Lernsoftware nutzen (Rangplätze 2–5 der Umfrage), Anwendungen sind, die direkt oder indirekt Anforderungen im schulischen Bereich reflektieren. Bezüglich dieser Punkte zeigt sich auch ein recht ausgeglichenes Geschlechterverhältnis. Das Surfen im Internet spielt hier nur eine untergeordnete Rolle.

Früheren Studien zufolge stellte der Computer für Jugendliche vorrangig ein Spielmedium dar, die Nutzung des Internets war weniger verbreitet (Fausner/ Schreiber 1989). Insgesamt spielte die Beschäftigung mit dem Computer innerhalb der Freizeitaktivitäten keine herausragende Rolle.

Gutheil und Mügge (2000) weisen darauf hin, dass solche Dispositionen bei der Entwicklung von Konzepten, die die Vermittlung bzw. den Erwerb von Medienkompetenz im schulischen Bereich zum Ziel haben, unbedingt berücksichtigt werden müssen.

Für die Konzeption meiner Unterrichtseinheit hat dieser Aspekt Einfluss auf die Voruntersuchung, die das Medieninteresse der Schüler in ihrer Freizeit und grundlegende Kompetenzen erfragt, untersucht. Zum Beispiel hat sich das Internet in den letzten Jahren als Informations- und Kommunikationsmedium immer stärker etabliert und es ist deshalb zu klären, inwieweit die 1998 ermittelten Daten an Aktualität verloren haben. Zum anderen stellt die Auswertung der Daten bezüglich der Medientechnischen Kompetenz der Schüler eine wertvolle Entscheidungshilfe für die didaktische Planung und das methodische Vorgehen dar. Hilfestellungen können so individuell angeboten werden oder die Einführung bestimmter Arbeitstechniken kann für die ganze Lerngruppe konzipiert werden, wenn keiner oder nur wenige Schüler diesbezügliche Vorkenntnisse aufweisen.

Es gibt aber auch Kritiker, die dem Einzug der Neuen Medien in die Schulen skeptisch gegenüber stehen. So befürchtet H. v. Hentig (1984) bereits Mitte der 80er-Jahre ein allmähliches Verschwinden der in unserem Alltagsleben noch vorhandenen personalen Qualitäten sozialer Bezüge und das die Neuen Medien die geistigen Erfahrungsweisen und -möglichkeiten einengen, indem es die Organisation des Denkens auf eingefahrenen Wegen verstärkt. Ähnliche Argumente

finden sich u. a. bei Topsch (1993), wonach die Verwendung von Computerprogrammen wichtige pädagogische Forderungen, wie z. B. der nach selbstbestimmtem und erfahrungsoffnem Lernen, entgegensteht.

Trotz all dieser Bedenken schreitet die Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien weiter voran, und sie wird in naher Zukunft verstärkt in den Unterricht zu integrieren sein. Konsequenter Weise sollte man daher überlegen, wie sie auch unter Beachtung der aufgeführten Kritiken sinnvoll in den Unterricht, auch in den Biologieunterricht, in diesem Fall speziell in den der gymnasialen Oberstufe zu integrieren sind. Hierbei gilt es die Vorteile die der Einsatz der Neuen Medien bietet zu nutzen. Sie liegen vor allem darin, dass auch für den Unterricht neue Quellen erschlossen werden können, die aktuellere Informationen zu verschiedenen Themengebieten enthalten, komplexe Sachverhalte können durch Simulationen und Animationen anschaulicher dargestellt werden, als es Printmedien oder Modelle können. Auch experimentell gewonnene Erkenntnisse können zu einer PC-Präsentation verarbeitet werden oder durch Webseiten einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Nicht zuletzt bietet der Einsatz des Computers auch Möglichkeiten der Durchführung von Langzeitexperimenten oder von Experimenten, die sehr schnell ablaufen oder bei denen sehr große Datenmengen anfallen.

Dies setzt allerdings die Entwicklung von Methodenkompetenzen im Umgang mit den Neuen Medien voraus.

2.3.2 Medienkompetenz

Konzeptualisierungen der Kategorie Medienkompetenz/Medienerziehung gibt es einige (vgl. u. a. Mandl, Baacke, H. Buschmeyer).

Dass zum Erwerb dieser, vielfältige und vielschichtige Lernprozesse zu initiieren und zu organisieren sind, wird im folgenden Strukturierungsversuch von H. Buschmeyer deutlich. Die hier dargestellten 5 Bereiche der Medienkompetenz stammen aus der Exploration von drei Aufsätzen H. Buschmeyers und wurden durch Gutheil und Mügge (2000) wie folgt formuliert:

In der Dimension *Wahrnehmen/Erleben* geht es primär darum, die Fähigkeit zur Entschlüsselung und Reflexion von Medienbotschaften und den hinter ihnen liegenden gesellschaftlichen Interessen zu fördern, zu schärfen und zu schulen. Das schließt ein, den Konstruktionscharakter der Medien zu durchleuchten und bewusst zu machen, wie sich mediale mit den eigenen Weltkonstruktionen verschränken.

Der Bereich *Wissen* ist der Orientierung über die vielfältigen Aspekte (soziale, politische, rechtliche, historische etc.) der Medien und den Mediensystemen gewidmet. Angebunden an die jeweilige Lernsituation sind dabei Auswahlentscheidungen zu treffen. Als Kriterien bieten sich an: Aktualität, Exemplarität, Bildungsgehalt, Erlebnisgehalt, Handlungsrelevanz, Anregungspotenzial, Potenzial für Zusammenhangwissen.

Die Dimension *Beurteilen und Auswählen* soll dazu befähigen, Medien kritisch unter dem Gesichtspunkt sozialer Verantwortung und des Abwägens von Alternativen auswählen zu können. Diese Form der Kompetenz siedelt zwischen dem Wissen über Medien und Mediensystemen und der praktischen Nutzung einzelner Medien an.

Das *Handelnkönnen und Handelnwollen* betont die Ausbildung von Bereitschaft und Fähigkeit, sich mit den Medien explorativ, kreativ und selbstbestimmt zu befassen. Es stehen also technische, handwerkliche, gestalterische, kommunikative, soziale Anforderungen sowie motivationale Aspekte im Mittelpunkt.

Evaluation schließlich zielt auf die Fähigkeit, die Einflüsse und Wirkungen von Medien erkennen und kritisch reflektieren zu können. Im Unterschied zu eher grundsätzlichen Perspektiven der dritten Dimension *Beurteilen und Auswählen* geht es hier um eine auf das eigene konkrete Handeln und die gemachten Erfahrungen bezogene Reflexion.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Entwicklung der Medienkompetenz nicht nur von den Lernenden sondern auch von vielen Lehrenden, vor allem von Fachlehrern die keine Informatikausbildung haben, erworben oder erweitert werden muss. Demzufolge diente dieser Strukturierungsversuch mir auch bei der Planung meiner Unterrichtseinheit, denn es lassen sich meiner Meinung nach sehr gut didaktisch-methodische Konsequenzen für die Einbettung der Neuen Medien in den Biologieunterricht ableiten. Anhand der Kriterien die in der Dimension *Wissen* aufgeführt werden, kann der Unterrichtende ableiten, welche didaktische Funktion das Neue Medium im Unterricht einnehmen kann bzw. soll. Die Kriterien in der Dimension *Beurteilen und Auswählen* schärfen die kritische Auseinandersetzung bezüglich der Sinnhaftigkeit des Einsatzes des Computers und regen das Denken über Alternativen an. Bezüglich des *Handelnkönnens* und *Handelnwollens* werden Überlegungen zur Motivation der Lernenden, nachdem der Neuigkeitseffekt verflogen ist, angeregt. Weiterhin dringen hier Aspekte der konkret zu entwickelnden Fähigkeiten im praktischen Umgang mit den Neuen Medien in den Vordergrund. All diese Überlegungen führen dazu,

dass der Einsatz der Neuen Medien begründbar und gerechtfertigt erfolgt, und dann auch für Schüler ein sinnvolles und motivierendes Medium darstellt, was ihn zu neuen Lernleistungen befähigt bzw. befähigen kann.

Die kompetente Nutzung neuer Informationstechnologien ist auch im KMK-Beschluss (2004) bezüglich der EPAs im Fach Biologie verbindlicher Inhalt. Hierzu wird im Rahmen der allgemeinen Kompetenzen Folgendes formuliert.

Im einzelnen können die Prüflinge:

- Informationsquellen erschließen und nutzen,
- Informationen gezielt auswählen, Kernaussagen erkennen und diese mit dem erworbenen Wissen verknüpfen,
- moderne Medien und Technologien nutzen, z. B. zur Dokumentation, zur Analyse, zum Messen,
- Probleme sachgerecht analysieren und Lösungsstrategien entwickeln.

Generell gibt es sowohl im Bereich der Medienpädagogik als auch im Bereich der Biologiedidaktik eine ganze Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen die sich genau diesem Problem widmen. Einige dieser Studien beschäftigen sich unter anderem mit dem Einsatz von Lernsoftware im Unterricht, z. B. D. Krüger C. Nerdel, H. Prechtl, H. Bayrhuber (2002); Kramer, Prechtl, Bayrhuber (2005); U. Unterbrunner, G. Unterbrunner (2005), Pfliggersdorffer, Weigelhofer (1997). Im Rahmen der IPN-Projektes: „Didaktisch optimierter Einsatz Neuer Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht“ erfolgte die Entwicklung von Unterrichtseinheiten, die in exemplarischer Form didaktisch sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten neuer Informtions- und Kommunikationsmöglichkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht aufzeigen. Eine besondere Bedeutung kommt hier, ähnlich wie der dieser Untersuchung zugrundeliegenden Unterrichtseinheit, der Vernetzung der Neuen Medien mit dem problemorientierten Unterricht zu. Der aus dieser empirischen Untersuchung und aus den Erfahrungen der Projektschulen hervorgegangene Leitfaden bezieht sich aber vorrangig auf die Einschätzung von Lernsoftware. Die Erfahrungen der Lehrkräfte zeigen, dass neben den z. T. aufgetretenen organisatorischen und technischen Problemen die Schüler sehr interessiert und motiviert mitgearbeitet haben.

Empirische Studien, die Aussagen über die für diese Untersuchung relevanten Fragen bezüglich der Verknüpfung der Neuen Medien mit der experimentellen Erkenntnisgewinnung und den damit verbunden Problemen der erfolgreichen

Etablierung von didaktischen Konzepten in den Biologieunterricht der Sekundarstufe II, gibt es bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht. Es gibt natürlich Unterrichtsmodelle bei denen der Computer als Messinstrument vorgestellt wird, z. B. zur Messung von Nervenaktivitäten oder zur Puls- und Herzschlagmessung. Verschiedene Lehrmittelhersteller bieten computerunterstützte Messsysteme mit entsprechenden Vorschlägen für deren unterrichtliche Nutzung an. Dennoch ist das nicht ausreichend, um von einem didaktisch-methodischen Konzept zu sprechen.

Zu einzelnen Aspekten der Nutzung des Internets im Unterricht gibt es bereits Erfahrungen (vgl. u. a. Martin Lindner-Effland 2002; Bickel-Sandkötter 2003), die soweit sie sich als positiv für die geplante Unterrichtseinheit herausstellten, bei der Planung aufgegriffen wurden.

2.3.3 Überblick über Einsatzmöglichkeiten der Neuen Medien

a) Möglichkeiten der Informationsbeschaffung (Internetrecherche)

Das „World-Wide-Web“ hat sich in den letzten Jahren explosionsartig vergrößert, was zu einer enormen Anzahl von Dokumenten führt, so dass man heute von mehr als 150 000 000 „www-Seiten“ im Internet ausgeht.

Aus dieser Fülle ergibt sich für den Einsatz des Internets zur Informationsbeschaffung im Unterricht die Notwendigkeit der Systematisierung der Suche und das Üben im Umgang mit verschiedenen Möglichkeiten der Internetrecherche.

Das Internet kann im Zusammenhang mit dem Einsatz des biologischen Schülerexperimentes verschiedene didaktische Funktionen erfüllen. Zum einen kann die Informationsbeschaffung zur Vorbereitung eines Schülerexperimentes, zum anderen zur Nachbereitung von Experimentergebnissen eingesetzt werden.

Empfehlenswert sind hierfür vor allem die Bildungsserver und Websites von Universitäten, die zuverlässige Informationen bieten.

Die Recherche im Internet erfordert grundlegende Fähigkeiten und Kenntnisse im Umgang mit diesem Medium und setzt voraus, dass Schüler in der Lage sind, notwendige Informationen aus Quellen zu entnehmen, die meist nicht didaktisch aufbereitet sind und deren Inalte z. T. weit über das Hinausgehen, was für die Schüler relevant ist. Demzufolge ist es für einen effektiven und sinnvollen Einsatz dieses Mediums unerlässlich, dass Unterrichtende sich zuvor einen Überblick zu aktuellen Quellen im Internet verschaffen und eine Vorauswahl

geeigneter Websites treffen. Erfahrungen zeigen (Wedershoven 2003), dass die geführte Internetrecherche (Einrichtung eines Intranets) Vorteile gegenüber der Internetrecherche hat. Zum einen ist die Datenflut geringer, aber dennoch so groß, dass die Schüler nur bei gezielten Suchaktionen zu relevanten Informationen gelangen, zum anderen ist die Benutzung anderer, fachlich nicht relevanter Websites nicht möglich.

Dem Unterrichtenden sollten dennoch die grundlegenden Varianten der Internetrecherche mit ihren Vor- und Nachteilen bekannt sein, auch um auf eventuelle Fragen reagieren zu können bzw. um eine geeignete Methode auszuwählen (vgl. Tabelle 2).

Diese Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Tab. 2: Übersicht über Möglichkeiten der Internetrecherche

Art der Suche	Vorgehensweise	Vorteile	Nachteile	Beispiele
Suchen nach dem Zufallsprinzip				
	Im Adressenfeld den Namen einer Institution oder ein bestimmtes Thema eingeben und die Entertaste drücken	keine	sehr zeitaufwändig Suche führt oft nicht zum Ziel	
Gezielte Suche				
Suchmaschinen	Eingabe bestimmter Suchbegriffe bzw. Stichwörter	„Ranking" der Internetseiten, z. B. nach der Anzahl der Suchbegriffe im Dokument oder nach der Popularität schnelle Information, ob es zu einem Thema überhaupt Informationen im Internet gibt	sehr umfangreiches Suchergebnis	http://www.alta-vista.digital.com/ http://www.google.com/ http://www.excite.com/ http://www.infoseek.com/
Thematische Verzeichnisse	inhaltlich ähnliche Internetangebote werden gesammelt dargestellt	Überblick über Inhalte zu einem Thema	Vollständigkeit der Internetadressen zu einem Thema nicht gewährleistet	http://www.web.de http://www.yahoo.de http://www.fireball.de http://www.dino-lotse.de
Alternative Suchhilfen				
Metasuchmaschinen	über eine zentrale Eingabeseite werden verschiedene Suchhilfen gleichzeitig angesprochen	übersichtliche Präsentation des Suchergebnisses doppelt gefundene Seiten werden gleich herausgefiltert		http://www.metager.de http://www.webferret.de http://www.copernic98.de

Eine weitere Möglichkeit der Nutzung des Internets für den Biologieunterricht stellt das umfangreiche Bildmaterial zu verschiedenen biologischen Themengebieten dar, welches vor allem im Bereich der Erstellung von PC-Präsentationen sehr gute Visualisierungsfunktionen haben kann.

Wichtig bei der Arbeit mit Informationen aus dem Internet ist die Quellenangabe; diese Notwendigkeit muss den Schülern deutlich gemacht werden, da nur so Angaben überprüfbar und von eigenen Denkleistungen unterscheidbar sind.

b) Der Computer als Messinstrument

Der Vorteil des Einsatzes von Computern zur Messwerterfassung und -auswertung liegt in diesem Zusammenhang nicht nur in den zunehmend anspruchsvolleren Auswertungs- und Wiedergabemöglichkeiten, sondern insbesondere in der Fähigkeit zur Verarbeitung und Speicherung großer Datenmengen.

Dadurch erschließen sich für den Unterricht ganz neue experimentelle Möglichkeiten. So können unter Verwendung eines Computers auch extrem schnelle oder langsame Phänomene untersucht werden.

Sinnvoll ist der Einsatz eines Computers zur Messwerterfassung und -auswertung im Unterricht immer dann,

- wenn viele Daten über einen längeren Zeitraum erfasst werden müssen;
- wenn viele Daten in einem sehr kurzen Zeitraum erfasst werden müssen;
- wenn quantitative Auswertungen im Vordergrund stehen;
- wenn grafische oder statistische Auswertungen notwendig sind;
- wenn die Datenerfassung mittels anderer Messinstrumente nicht möglich ist.

Im Rahmen der Unterrichtseinheit „Stoff- und Energiewechsel“ kommt der Computer als Messinstrument u. a. in der Thematik Wirkungsweise von Enzymen zum Einsatz. Hierbei wird die harnstoffspaltende Wirkung des Enzyms Urease untersucht. Mittels des Einsatzes des Computers können die Schüler durch dieses Experiment den Verlauf einer Enzymreaktion untersuchen. Aufbauend darauf können dann verschiedene Abhängigkeiten der Enzymwirkung untersucht werden. Da die Experimentergebnisse durch das Programm grafisch dargestellt und gespeichert werden, können so die einzelnen Versuchsergebnisse verglichen werden.

Die Entwicklung sowohl experimenteller als auch medientechnischer Kompetenzen ist ein Prozess der sich nur schrittweise und durch häufiges Wieder-

holen von Handlungsabläufen voranbringen lässt. Demzufolge wird diese Art der Messwerterfassung auch im weiteren Verlauf dieser Unterrichtseinheit wieder aufgegriffen.

Im Themenbereich Ökologie eignet sich der Computer als Messinstrument vor allem in den Bereichen der Freilanduntersuchung und hier im Speziellen in der Langzeitmessung von Temperaturen in verschiedenen Bereichen eines Ökosystems, zur Ermittlung von Leitfähigkeiten verschiedener Gewässerproben. Da der Aufwand dafür aber sehr hoch ist, empfiehlt sich eine solche Vorgehensweise nur bei mehrtägigen Exkursionen. Bei kurzzeitigen Untersuchungen sollte auf digitale Handmessgeräte zurückgegriffen werden.

c) Präsentationen mit dem PC

Nach der Informationssuche und -aufbereitung, nach der Durchführung von Experimenten geht es nun darum die Ergebnisse zu präsentieren.

Eine häufig verwendete Darstellungsform ist ein mit Folien oder Arbeitsblättern und/oder handout gestalteter Vortrag. Mit Hilfe multimedialer Arbeitstechniken sind nun auch andere Präsentationsformen und -ebenen möglich. So können die über die computerunterstützte Messwerterfassung gewonnenen Daten als Diagramme direkt in einem Präsentationsprogramm weiter verarbeitet und anschaulich präsentiert werden. Auch selbst angefertigte Fotos und Videoaufnahmen, z. B. aus dem mehrtägigen ökologischen Geländepraktikum können so allen zugänglich gemacht werden und mit den entsprechenden fachlichen Kenntnissen versehen, durchaus auch als Lernmittel eingesetzt werden.

Auch hier müssen die Schüler zunächst mit der Arbeitsweise vertraut gemacht werden. Entsprechend der Ergebnisse der Voruntersuchung bezüglich der medientechnischen Kompetenzen werden individuelle Hilfestellungen diesbezüglich angeboten (vgl. 3.2.4 b).

Weiterhin sollten die Schüler zunächst mit einigen Aspekten des Visualisierens vertraut gemacht werden.

Das Visualisieren bezeichnet die Tätigkeit, einen bislang im Zeichensystem der Wortsprache ausgedrückten Inhalt entweder durch bildsprachliche Zeichen zu ergänzen, oder aber gänzlich in die Bildsprache zu übersetzen (Stary 1997).

Visualisierungen können im unterrichtlichen Geschehen unter anderem folgende Funktionen haben (Stary 1997):

1. Motivationsfunktion
   – Visualisierungen wecken Aufmerksamkeit und Neugier, weil sie z. B. durch die Darstellung von konkreten Sachverhalten sinnliche Reize bieten.
   – Sie bieten einen emotionalen Reaktionsanlass (Lachen, Betroffenheit, Nachdenklichkeit usw.).
2. Gedächtnisstützende Funktion
   – durch die Verknüpfung von Elementen der Wort- und der Bildsprache.
   – durch die Verknüpfung von Elementen der Wortsprache und emotionaler Reaktionen.
3. „Gestalt-“/Strukturierungsfunktion
   – Da Visualisierungen als Ganzes wahrgenommen werden, bieten sie einen guten Überblick über einen Sachverhalt oder ein Thema und erleichtern damit die Orientierung.
   – Sie können deshalb auch Verknüpfungen und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Elementen eines Sachverhaltes häufig besser darstellen als dies die sequenzielle Darstellung in der Wortsprache gestattet.
4. Erklärungsfunktion (Erkenntnis-/Verstehenshilfe)
   – Visualisierungen sind eine wichtige Ergänzung, wenn Sprache nicht oder nicht in vollem Umfang zur Verfügung steht.
   – Visualisierungen sind notwendig, wenn die sprachliche Mitteilung zu umständlich oder völlig unangemessen ist, also die Bildsprache die Sache weit besser darstellt als die Wortsprache.
   – Visualisierungen sind vorteilhaft, wenn es darum geht einen Sachverhalt im Überblick zu zeigen; ein besonderes Detail zu zeigen; besonders komplexe oder komplizierte Sachverhalte darzustellen.
5. Handlungssteuerungsfunktion
   – Visualisierungen sind nahezu unverzichtbar für das Erlernen psychomotorischer Fertigkeiten.
   – Visualisierungen erleichtern das Verstehen und Nachvollziehen von Handlungs- oder Bedienungsabläufen.
6. Ausdruck persönlicher Erfahrungen
   – Dargebotene Visualisierungen können Sprechanlässe bieten.
   – Selbst hergestellte Visualisierungen können persönliche Sichtweisen und Befindlichkeiten ausdrücken.

d) Einsatz von Lernsoftware

Der Vollständigkeit halber soll in diesem Kapitel auch die Möglichkeit des Einsatzes von Lernsoftware angesprochen werden. Im Rahmen dieser Untersuchung kommt allerdings nur das im Zusammenhang mit der computerunterstützten Messwerterfassung benötigte Programm zum Einsatz. Auf die Verwendung anderer Lernprogramme wurde verzichtet, da zu den entsprechenden Themen keine ausreichend didaktisch oder methodisch geeigneten Lernprogramme zugänglich waren.

Nutzen des Lernprogramms

Bei den meisten Lernprogrammen erscheint zunächst eine Startseite, die den Schülern aufzeigt, welche Operationen ausgeführt werden können. Es empfiehlt sich, den Schülern zunächst die Möglichkeit zu geben, sich einen Überblick über die Inhalte, die Möglichkeiten der Selbststeuerung des Lernprozesses, der Verknüpfung mit anderen Systemem (z. B. WinWord) zu geben, oder bereits hier Pfade vorzugeben auf denen sich die Schüler frei bewegen können und dennoch zielgerichtet arbeiten können. Die konkrete Vorgehensweise ergibt sich in der Unterrichtseinheit aus den entsprechenden Lernzielen bzw. Unterrichtsverfahren.

Arten von Lernprogrammen

Pfligersdorffer und Weiglhofer (1997) unterscheiden z. B.:

Informationsprogramme – Multimedia
– die Qualität reicht von digitalisierten Bilderbüchern bis hin zu multimedialen, gut strukturierten Informationsmedien mit Hypertexten und Hyperlinks.

Übungsprogramme – „Drill and practise“
– dienen der Festigung von Wissen und Fertigkeiten.

Tutorielle Programme – Ersatz für den Lehrer?
– primäres Lernmedium.

Simulationsprogramme – die Welt im Computer
– sind mathematische oder formal-logische Modelle, die vor allem dann eingesetzt werden, wenn die Arbeit am Original zu aufwändig, zu kompliziert, zu teuer, zu riskant oder aus moralisch-ethischen Gründen nicht möglich ist.

Vernetzung – grenzenlose Kommunikation

– Austausch von Erfahrungen, Messwerten, Untersuchungsergebnissen via E-Mail.

Messwerterfassung

– digitale Erfassung von Messwerten, anspruchsvolle Auswertung und Wiedergabe möglich.

An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass es bereits einige Kriterienkataloge zur Beurteilung von Lernsoftware gibt, die sowohl medientechnische, lernpsychologische als auch didaktische Aspekte der Eignung erfassen, z. B. von Seibt & Pfligersdorffer (1997).

Einen guten Überblick zu verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten von Computern im Biologieunterricht enthält der Artikel von Graf zu „Computer – Multimedia“ (in Berck 1999). Neben verschiedenen multimedialen Arbeitstechniken werden auch bereits vorliegende empirische Untersuchungen kurz beschrieben.

Multimediale Arbeitstechniken können im Rahmen des Einsatzes von Schülerexperimenten im forschenden Unterrichtsverfahren an entsprechender Stelle Vorteile gegenüber anderen Unterrichtsmethoden darstellen. Im folgenden Abschnitt werden entsprechende Möglichkeiten aufgezeigt.

2.4 Möglichkeiten der Verknüpfung des Schülerexperimentes mit den Neuen Medien

Im Hinblick auf die Zielsetzung der Arbeit, experimentelle Kompetenzen unter anderem mit Hilfe des Einsatzes der Neuen Medien auszubilden, dient die folgende Übersicht zunächst dazu, Experimente nach ihrer Einsatzmöglichkeit und Verknüpfungsansätzen mit dem Computereinsatz zu ordnen.

a) nach der Art der Durchführung:
   – Schülerexperimente
   – Schülerdemonstrationsexperimente
   – Lehrerdemonstrationsexperimente.

In allen drei Durchführungsvarianten ist die Einbeziehung von Computern, z. B. zur Messwerterfassung bzw. -auswertung möglich.

b) Experimente unter Berücksichtigung ihrer Stellung im Erkenntnisprozess
   – einführendes Experiment – auf bestimmte Phänomene aufmerksam machen, Motivation,

- entdeckendes Experiment – kein Vorwissen zum konkreten Sachverhalt bei den Schüler vorhanden,
- bestätigendes Experiment (Verifizierungsexperiment) – Schritte der empirischen Erkenntnismethoden in den Naturwissenschaften werden nachvollzogen.

Hier kann der Computereinsatz in verschiedenen Schritten der empirischen Erkenntnisgewinnung eine wertvolle Hilfe darstellen, z. B. zum Erwerb grundlegender Fachkenntnisse, Sammeln, Ordnen und Vergleichen von Fakten.

c) nach der Nähe zum Objekt:
   - Pflanzen- und Tierversuche
   - Modellexperiment
   - Gedankenexperiment.

Der Computereinsatz kann im Bereich der Modellexperimente eine wertvolle Hilfe zum Aufbau mentaler Modelle sein, z. B. bei Animationen und Modellexperimenten mittels entsprechender Lernsoftware. Der Einsatz bietet sich immer dann an, wenn die Prozesse selbst nicht beobachtbar sind, sie zu schnell oder zu langsam ablaufen.

d) im Hinblick auf den Exaktheitsgrad:
   - qualitative Versuche
   - quantitative Versuche (Computer als Messinstrument)

[Übersicht nach Eschenhagen, Kattmann, Rodi (2001) übernommen und zum Teil erweitert.]

3 Empirische Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung

3.1 Wissenschaftliche Fragestellungen

– bezüglich der experimentellen Kompetenzen

1) Welchen spezifischen Entwicklungsstand bezüglich der experimentellen Kompetenzen haben die Schüler am Beginn der gymnasialen Oberstufe?
2) Fördert eine problemorientierte Einbettung von Schülerexperimenten in den inhaltlichen Kontext die Entwicklung experimenteller Kompetenzen, vor allem des Kompetenzniveaus III?
3) Inwieweit können die Schüler die neu erworbenen bzw. erweiterten experimentellen Denk- und Arbeitsformen nach der Einübung selbständig und flexibel einsetzen und anwenden?

– bezüglich der medientechnischen Kompetenzen

4) Welche Bedeutung hat der Computer und seine Nutzungsmöglichkeiten im Alltag von Schülern dieser Altersstufe?
5) Welche grundlegenden medientechnischen Kompetenzen beherrschen Schüler dieser Altersstufe?
6) Lassen sich geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich der Mediennutzung und Medienkompetenz feststellen?
7) Inwieweit lassen sich im Rahmen des experimentellen Biologieunterrichtes medientechnische Kompetenzen nutzen bzw. ausbilden?

– bezüglich der Kenntnisgewinnung

8) Hat die verstärkte Beachtung der experimentellen und medientechnischen Kompetenzentwicklung Auswirkungen auf den Grad der Kenntnisgewinnung?

3.2 Das Untersuchungsdesign

3.2.1 Untersuchungspersonen und Erhebungsinstrumente

An der Untersuchung waren 80 Schüler (47 Mädchen / 33 Jungen) aus vier Profilfachkursen Biologie der Klassenstufe 11 eines Gymnasiums beteiligt. Zum Un-

tersuchungszeitpunkt lernten die Schüler bereits ein halbes Jahr in ihren Kursen, wobei hier die Stoffgebiete Cytologie und Immunbiologie Gegenstand des Unterrichtes waren.

Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen, die vorrangig die Entwicklung bzw. die Ausprägung einzelner Persönlichkeitsmerkmale testen, werden hier mehrere Testtheorien zu verschiedenen Aspekten der unterrichtlichen Vermittlung sowohl von kognitiven als auch medientechnischen und vorrangig experimentellen Kompetenzen Anwendung finden. Nur so kann meiner Meinung nach eine umfassende Überprüfung der Entwicklung experimenteller Kompetenzen im Zusammenhang zur Entwicklung medientechnischer und fachlicher Kompetenzen erfolgen.

Die empirische Untersuchung gliedert sich in drei aufeinanderfolgende Untersuchungseinheiten, in denen jeweils einzelne Aspekte der Medienkompetenz, der experimentellen Kompetenzentwicklung in Korrelation mit dem Grad der Kenntnisgewinnung untersucht wurden.

Die entsprechenden Fragebögen und Aufgabenstellungen der empirischen Untersuchungen finden sich im Anhang (A 1-1 bis A 1-7).

Voruntersuchung

Erhebungsbogen 1: Feststellen der Computerausstattung und Internetanbindung im häuslichen Umfeld und die Häufigkeit und Art der Nutzung (E1)

Erhebungsbogen 2: Feststellen der Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schülern im Umgang mit multimedialen Arbeitstechniken unter Berücksichtigung der Zielstellung der Arbeit (E2)

Erhebungsbogen 3: Testaufgaben zur Überprüfung der experimentellen Kompetenzen (E3)

Hauptuntersuchung

Erhebungsbogen 4: Beurteilung des experimentellen Arbeitens der Schüler durch die unterrichtenden Lehrer zum Zeitpunkt t 1 (E4)

Erhebungsbogen 5: Analyse der PC-Präsentationen unter Berücksichtigung medientechnischer, experimenteller und fachwissenschaftlicher Aspekte (E5)

Erhebungsbogen 6: Ermittlung der erworbenen bzw. erweiterten Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit multimedialen Arbeitstechniken (E6)

Erhebungsbogen 7: Leistungstest in Bezug auf die kognitiven Lernziele der Unterrichtseinheit (E7)

Nachuntersuchung

Erhebungsbogen 4: Beurteilung des experimentellen Arbeitens der Schüler durch die unterrichtenden Lehrer zum Zeitpunkt t 2 (E4)

Die Erhebungsinstrumente wurden im Rahmen von Vortests (n = 50) mehrmals getestet und überprüft.

In der Voruntersuchung wurden in Form von Erhebungsbogen im dichotomen Fragenformat das medientechnische Umfeld der Schüler (E1) sowie in einem 4-stufigen Ratingformat die domänenspezifischen Vorkenntnisse in Bezug auf die für die Unterrichtseinheit relevanten medientechnischen Kompetenzen (E2) untersucht. Weiterhin wird die bereits erwähnte Vermutung bezüglich des aktuellen Standes der experimentellen Kompetenzen der Schüler (vorrangig Kompetenzniveau I und II) mittels verschiedener theoretisch zu durchdringender experimenteller Aufgaben aller Kompetenzniveaustufen (E3), also in Form von freien Antwortformaten, überprüft. Entsprechend der bereits im theoretischen Teil erläuterten Vermutung, dass es Schülern sehr schwer fällt kreative und eigenständige experimentelle Problemlösungsstrategien zu entwickeln, wird nur eine Aufgabenstellung dem Kompetenzniveau III entsprechen, um einerseits eine Überforderung und Demotivation der Schüler zu vermeiden, andererseits zeigen die Ergebnisse dieser Aufgabe bereits, ob entsprechende Fähigkeiten entwickelt sind. Demzufolge bringt eine weitere Aufgabenstellung diesbezüglich eher Nachteile für den weiteren Verlauf der Untersuchung als Vorteile. Die weiteren Aufgaben dienen der Überprüfung der grundlegenden experimentellen Kompetenzen auf den Ebenen I und II.

Die Ergebnisse dieser Vortests dienen zum einen als Planungshilfe für die Unterrichtseinheit und zum anderen bietet sich so die Möglichkeit einer Veränderungsmessung mit den Werten nach der Unterrichtseinheit. Die Thematik Enzyme bietet vielfältige Möglichkeiten des experimentellen Arbeitens auf hohem fachlichen, experimentellen und medientechnischem Niveau. Kognitive Leistungen werden mittels eines Leistungstests mit freien Antwortformaten (E7), die den entsprechenden Anforderungsbereichen genügen, ermittelt.

Die Problematik besteht aber darin die Entwicklung von Fähigkeiten (Könnensentwicklung) sowohl im experimentellen als auch im medientechnischen Bereich messbar zu machen. Hierzu finden mehrere Testverfahren Anwendung. Zum einen werden die unterrichtenden Fachlehrer entsprechend eines Auswertungsbogens die experimentellen Schülerleistungen sowohl nach der Ausführung (Qualität) als auch nach der Beteiligung der Schüler innerhalb der Gruppen in allen Phasen des selbständigen experimentellen Arbeitens beurteilen (E4). Grundlage dafür sind nur die Schülerexperimente die entsprechend dem Kompetenzniveau III durchgeführt werden. Die Unterrichtseinheit ist so angelegt, dass die Schüler schrittweise durch weiter vorranschreitende Selbständigkeit in der Planung, Durchführung und Auswertung der Experimente an dieser Kompetenzentwicklung arbeiten. Die Analyse der PC-Präsentationen (E5) die sowohl die fachlichen Grundlagen der jeweiligen Thematik als auch die Protokolle und Schlussfolgerungen enthalten, erlaubt ebenfalls einen Rückschluss auf die Entwicklung der experimentellen Kompetenzen. Als Grundlage für die statistische Auswertung werden die Notenpunkte, die entsprechend eines Auswertungsbogens von den unterrichtenden Lehrern erteilt wurden, herangezogen. Diese Methode erlaubt auch die Beurteilung der Schülerleistungen nicht nur bezüglich der experimentellen sondern auch der kognitiven und medientechnischen Kompetenzen. Um zu überprüfen inwieweit die experimentellen Kompetenzen während der Unterrichtseinheit gefestigt wurden, erfolgt 8 Wochen nach Beendigung der Unterrichtseinheit in der Thematik Dissimilationsvorgänge eine Überprüfung der Behaltensleistung bezüglich der experimentellen und medientechnischen Kompetenzen, indem auch hier eine computerunterstützte Messwerterfassung anhand der Quellungswärme keimender Erbsensamen als selbständiges Schülerexperiment auf dem Kompetenzniveau III durchgeführt und von den jeweiligen Fachlehrern mittels des bekannten Auswertungsbogens (E4) beurteilt wird.

Die Ermittlung der Entwicklung der medientechnischen Kompetenzen erfolgt zum einen durch die Auswertung der PC-Präsentationen und zum anderen durch den erneuten Einsatz des Erhebungsbogens E2, welcher jetzt aber nur noch eine 3-stufige Ratingskala aufweist (E6). Diese Methode zeigt deutlich, in welchem Maß die Schüler die Entwicklung ihrer Fähigkeiten in diesem Bereich einschätzen bzw. inwieweit die Weiterentwicklung dieser Kompetenzen ihnen auch bewusst geworden ist.

3.2.2 Fachdidaktische Aspekte zur UE

Nach dem Themenbereich „Cytologie“ werden im Rahmen der Stoffeinheit „Stoff- und Energiewechsel“ zunächst Bau- und Wirkungsweise von Enzymen behandelt und deren Beeinflussbarkeit, wie beispielsweise durch den pH-Wert, die Temperatur und die Substratkonzentration, sowie Hemmmechanismen im Überblick (RRL Sachsen-Anhalt Biologie, 2003). Auch in den EPAs (KMK-Beschluss, 2004) wird die Bedeutung der Enzyme im Themenbereich „Funktionszusammenhänge“ (hier unter dem Punkt molekulare Steuerung von Stoffwechsel „Enzymatik“) deutlich. Im Bereich der Basiskonzepte in dem es um die Zusammenhänge zwischen Struktur und Funktion geht, wird auf die Enzymatik Bezug genommen. Selbst in den Hinweisen zur schriftlichen Abiturprüfung stellen die Versuche zur Enzymatik eine Möglichkeit zur Erbringung einer fachpraktischen Aufgabe dar.

Dies ist auch ein Grund dafür, die experimentellen Möglichkeiten, die diese Thematik bietet, auch zur Entwicklung von experimentellen Kompetenzen im Zusammenhang mit fachlichen und medientechnischen Kompetenzen zu nutzen. Schülerexperimente innerhalb dieses Themengebietes sind durchaus auf einem hohen Grad an Selbständigkeit bearbeitbar. Auch die dem Thema zugrunde liegenden fachwissenschaftlichen Inhalte sind für Schüler mit den entsprechenden Voraussetzungen in der didaktischen Vorgehensweise und Anordnung der Lerninhalte durchaus durchschaubar und nachvollziehbar, so dass eine prinzipiell problemorientierte und forschende Erarbeitung während der gesamten Stoffeinheit erfolgen kann, ohne die Schüler fachwissenschaftlich zu überfordern.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt für die Auswahl dieser Stoffeinheit ist die Tatsache, dass sie zu Beginn des Biologieunterrichtes in der Sekundarstufe II unterrichtet wird. Damit besteht die Möglichkeit, die hier entwickelten Kompetenzen in den darauffolgenden Themenbereichen aufzugreifen und zu erweitern. Denn allen, die sich mit Lehren und Lernen auseinandersetzen, ist bewusst, dass sich solche Kompetenzentwicklungen nur durch mehrfaches Wiederholen und „Trainieren“ erfolgreich manifestieren und anwendbar / abrufbar bleiben.

Beachtet man in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass im Rahmen dieser Unterrichtseinheit unter anderem die Problematik der irreversiblen Enzymhemmung durch Schwermetallionen in Schülerexperimenten untersucht wird, erlauben diese Ergebnisse auch Diskussionen zur Rolle des Menschen in seiner Umwelt bzw. können die Folgen von Schwermetallbelastungen verschiedener Ökosysteme verglichen werden, wodurch auf sehr eindrucksvolle Weise Parallelen zur Alltagswelt der Schüler hergestellt werden.

In Anbetracht dessen, dass auch die Ausbildung medientechnischer Kompetenzen Ziel dieser Unterrichtseinheit sein soll, ist hierfür die Thematik „Enzyme“ sehr gut geeignet. Zum einen gibt es fundierte fachwissenschaftliche Informationen bezüglich der molekularen Struktur von Enzymen, sowie zu ihrer prinzipiellen Wirkungsweise im Internet. Zum anderen bieten sich am Beispiel der Harnstoffspaltung durch Urease Möglichkeiten der computerunterstützten Messwerterfassung. Versuche bzw. Versuchsergebnisse, basierend auf der Arbeit mit Naturobjekten und die Veränderung verschiedener experimenteller Bedingungen können hier mittels digitaler Bilder gespeichert und in Präsentationen gezeigt werden. Bezüglich der Schwermetallbelastung unserer Umwelt können aktuelle Daten vom Umweltministerium per Internet zur Diskussion abgerufen werden. Auch zum Vorkommen und Bedeutung von Katalase, Urease, Pepsin und Amylase finden sich im Internet häufig wesentlich mehr Informationen als in den Lehrbüchern der Schüler.

3.2.3 Aspekte zu Arbeits- und Sozialformen während der UE

Grundsätzlich liegt der Schwerpunkt der vorgesehenen Unterrichtseinheit auf einer selbständigen, handlungsorientierten und problemlösenden Schülerarbeit.

Diese Aspekte lassen sich durch die Verknüpfung multimedialer Arbeitstechniken mit dem Experimentieren sehr gut realisieren.

Als Sozialform ist die Gruppenarbeit vordergründig, denn meist erlaubt schon allein die Anzahl der nutzbaren Laptops keine Einzel- oder Partnerarbeit. Des Weiteren ist aber auch durch empirische Untersuchungen belegt, dass Gruppenarbeit der Frontalmethode im Hinblick auf Problemlösen, kognitivem Wissen und praktischen Tätigkeiten überlegen ist (Staeck 1995).

Dem Lehrer kommt dabei vor allem die Rolle eines Mentors/eines Beraters zu, der die notwendige Impulse und Hilfestellungen gibt, aber auch eine Kontrollfunktion ausübt.

Vor der Bildung der einzelnen Arbeitsgruppen sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden.

Insbesondere muss die Gleichheit der Lernchancen von Mädchen und Jungen gewahrt werden, denn scheinbar gibt es hier im Mittel immer noch Unterschiede hinsichtlich des Interesses und des Wissens um den Computer (vgl. 2.3.1). Da bei den Mädchen mehr die Frage nach der konkreten Nützlichkeit im Vordergrund steht, entspricht der Einsatz des Computers bei der Vorbereitung, Durchführung

und Auswertung von Schülerexperimenten dieser Einstellung, was sich positiv auf den Zugang zur Arbeit mit multimedialen Arbeitstechniken auswirken kann.

Es gibt aber nicht nur geschlechtsspezifische Unterschiede in Bezug auf die Computerkenntnisse der Schüler, sondern auch interessenspezifische Unterschiede.

Viele Schüler der Kursstufe verfügen schon über Kenntnisse im Umgang mit dem Computer, dem Internet und z. B. der Verarbeitung eigener digitaler Bilder. Aber nicht jeder Schüler der fast seine gesamte Freizeit vor dem Computer verbringt, ist von vornherein in der Lage die entsprechenden Aufgaben im computerunterstützten Unterricht zu meistern.

Diese unterschiedlichen Eingangsvoraussetzungen sollten bei der Gruppenbildung berücksichtigt werden, um zu verhindern, dass einige Schüler in die Rolle inaktiver Zuschauer gedrängt werden.

Da der Stand der experimentellen Kompetenzentwicklung der Schüler meist nicht bekannt ist, kann dies bei der Gruppenzusammensetzung nicht berücksichtigt werden. Häufig hat es sich eher als günstig erwiesen, Schülern Freiräume für die Gruppenbildung zu lassen, meist zeigen sich hier positive Effekte in der Arbeitsweise.

3.2.4 Didaktisch-methodisches Vorgehen

Im Abschnitt 2.2 wird bereits erläutert, welchen Bildungswert und welche Ziele der Einsatz des biologischen Schülerexperimentes hat. Parallel wird die aktuelle Situation als mangelhaft, was den Einsatz von Schülerexperimenten (Häufigkeit, didaktisch-methodische Einbettung) im Biologieunterricht an Schulen betrifft, beschrieben. Der folgende Abschnitt verfolgt das Ziel, wesentliche didaktische und methodische Ansätze, Entscheidungen und Verfahrenswege zur Vermittlung experimenteller und medientechnischer Kompetenzen im Rahmen der empirischen Untersuchung aufzuzeigen (Prozesskonzeption).

a) bezüglich der Entwicklung experimenteller Kompetenzen

Ein Übergang zu einem höheren Kompetenzniveau muss auf hinreichend gesicherten und gefestigten Grundlagen basieren. Aus diesem Grund werden die experimentellen Kompetenzen der an der Untersuchung beteiligten Schüler in einer vor Beginn der Unterrichtseinheit durchgeführten Situationsanalyse ermittelt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung bestimmten das methodische Vorgehen bezüglich der Ausbildung der experimentellen Kompetenzen, vor allem der Kompetenzniveaus II und III, indem der diesbezüglich aktuelle Entwicklungsstand der Schü-

ler im Anspruchsniveaus der Schülerexperimente und in dem Grad der Selbständigkeit mit der diese durchgeführt wurden Berücksichtigung fand.

Dementsprechend wird bei den einführenden Experimenten in die Thematik auf bereits bekannte Sachverhalte und Arbeitsmethoden Bezug genommen, die hierbei aber in einem anderen Zusammenhang betrachtet und untersucht werden. Oft ist den Schülern der Begriff „Enzym“ schon bekannt, meist aus der Behandlung der Verdauungsvorgänge aus der Sekundarstufe I. Hieran anknüpfend soll zunächst dieses Vorwissen zusammengetragen werden. Bis hin zur Frage, um welche organische Verbindung es sich eigentlich bei Enzymen handelt, da dies eine wesentliche Voraussetzung zur Klärung des Zusammenhanges zwischen Struktur und Funktion darstellt.

Der Weg der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung kann hier sehr gut nachvollzogen werden. Ausgehend von der Überlegung welche organischen Stoffgruppen ihnen aus dem Biologie- bzw. Chemieunterricht bekannt sind, können dementsprechend Vermutungen geäußert werden.

Anhand ihrer fachspezifischen Vorkenntnisse zum Nachweis von organischen Stoffen (Nachweis von verschiedenen Kohlenhydraten, von Fetten und Eiweißen) kann hier nun der Versuch unternommen werden, die aufgestellten Vermutungen zu überprüfen. Zunächst werden die entsprechenden Nachweisreaktionen anhand der im Laptop vorbereiteten Übersichten wiederholt, bevor in Form der arbeitsteiligen Gruppenarbeit die entsprechenden Schülerexperimente durchgeführt werden. Die Ergebnisse des ersten Schülerexperimentes lassen den Schluss zu, dass z. B. Amylase ein Protein ist. Bevor dieses Ergebnis aber verallgemeinert werden kann, ist es anhand weiterer Nachweisreaktionen an anderen Enzymen zu überprüfen.

Dieses Vorgehen dient zum einen der Sicherung der experimentellen Grundfertigkeiten und zum anderen erlaubt es dem Unterrichtenden sich einen Überblick bezüglich der experimentellen Kompetenzen der Schüler zu verschaffen. Das sich anschließende Experiment unterliegt einer lehrergelenken Führung, denn die Schüler werden mit einer neuen Messmethode (computerunterstützte Messwerterfassung) vertraut gemacht, wobei es konkreter Arbeitsanweisungen seitens der Lehrkraft bedarf, um den Schülern auch eine gewisse Sicherheit im Umgang mit neuen Messinstrumenten, dem Laptop und dem Messwerterfassungsprogramm zu geben. In den darauf folgenden Unterrichtsstunden erarbeiten sich die Schüler vorrangig durch die Methode der experimentellen Erkenntnisgewinnung anhand verschiedener Enzymgruppen die wesentlichen Eigenschaften von Enzymreaktionen, deren Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren und deren Beeinflussung durch Schwermetall-Ionen. Wobei auch hier das je-

weils erste Experiment Anleitungen und Hilfestellungen zur Einarbeitung in die spezielle Thematik enthält und der Übung der Schritte der experimentellen Erkenntnisgewinnung an einem weiteren Beispiel dient.

Die ersten eigenen „Gehversuche“ unternehmen die Schüler anhand der folgenden Experimente, wobei ihnen hier schon teilweise fachliche und experimentelle Kenntnisse zur Verfügung stehen, die im richtigen Zusammenhang angewendet werden müssen, um die Frage- bzw. Problemstellung zu klären. Bei den folgenden Versuchen müssen die Schüler für sie neue fachliche Kenntnisse unter Anwendung der neu gewonnenen experimentellen Kompetenzen ermitteln.

Der Einsatz von Schülerexperimenten entsprechend des Kompetenzniveaus III erfordert im forschenden Unterricht eine Differenzierung verschiedener Planungsaspekte. Hiebei wird das von Mayer (2002) entworfene Planungsmodell zur Erstellung der Prozesskonzeption genutzt. Zunächst stellt sich die Frage nach der methodisch-technischen Beurteilung des Schülerexperiments, also die Frage des apparativen Aufwandes und der Anforderung an Raum, Ort und Zeitbedarf. Die Nutzung multimedialer Arbeitstechniken stellt diesbezüglich eine zusätzliche und besondere Herausforderung dar. Die nächste Ebene umfasst die des Lehr- und Lernprozesses. Hierbei gilt es die inhaltlichen und epistemischen Lernvorraussetzungen der Schüler sowie ihre Fähigkeiten im Prozessdenken zu antizipieren und konstruktiv in einen Lehr-Lernprozess umzusetzen (Mayer 2002). Aus diesen Überlegungen heraus wurde die Reihenfolge der inhaltlich aufeinander aufbauenden Schülerexperimente festgelegt und die entsprechenden experimentellen Aufgabenstellungen und Vorüberlegungen konzipiert. So dass basierend darauf die Phasen des wissenschaftlichen Denkens für die Schüler nachvollziehbar werden. Die weiteren Planungsebenen sind in Abb. 2 dargestellt und bedürfen an dieser Stelle keiner weiteren Erklärung.

In Tabelle 3 werden die einzelnen Experimente benannt und hinsichtlich der Tätigkeitsfelder, der konkreten Arbeitstechniken und des experimentellen Kompetenzniveaus (in Anlehnung an das BLK Programm: Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, 1997) eingeschätzt. Die hier aufgeführten Informationen beziehen sich nur auf die von den Schülern in Form der selbständigen Schülerarbeit geleisteten praktischen und geistig-praktischen Arbeitsschritte. Im Rahmen der einzelnen Unterrichtsstunden umfassen die von den Schülern durchgeführten Experimente jeweils alle zum Experimentieren gehörenden Handlungsabläufe. Die aber zunächst durch die Versuchsleiter vorgegebenen oder im Rahmen des Unterrichtsgespräches erarbeiteten Phasen des Experimentes werden hier nicht aufgeführt.

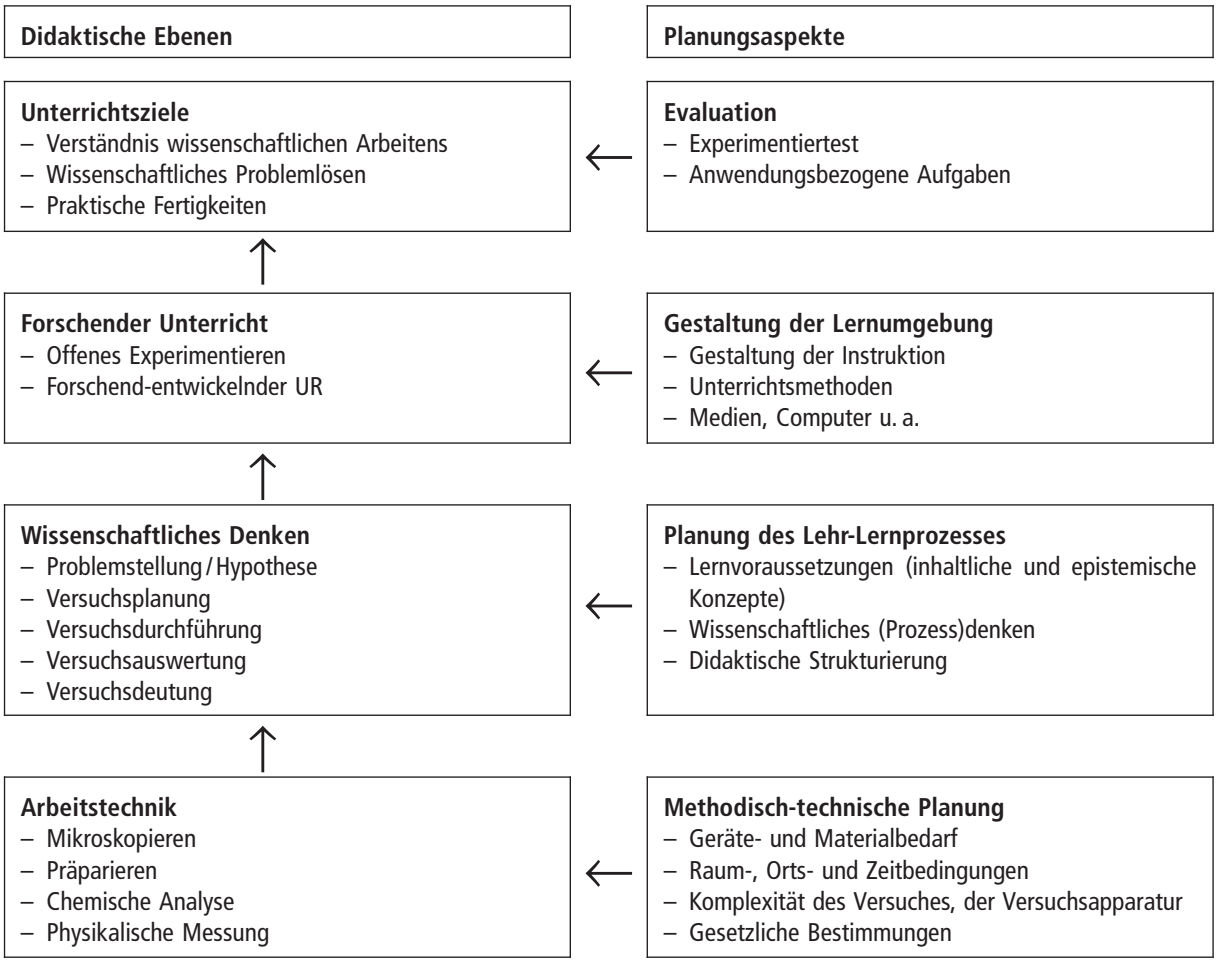


Abb. 2: Planungsebenen „Forschender Unterricht" in Anlehnung an Mayer 2002.

Tab. 3: Überblick über Schülerexperimente, den Tätigkeitsfeldern und des experimentellen Kompetenzniveaus

Untersuchungsgegenstand; Untersuchungsthema	Phase / Tätigkeitsfelder in der selbständigen Schülerarbeit	Experimentelle und medientechnische Arbeitstechniken in der Phase der selbständigen praktischen Schülertätigkeit	Experimentelles Kompetenzniveau
Nachweisreaktionen organischer Stoffe	**Durchführung** Durchführung	Sukzessives Abarbeiten der vorgegebenen Einzelschritte, fachgerechter Umgang mit Geräten und Chemikalien	I
	Beobachtung	Konzentriertes Beobachten, Erfassen und Formulieren der Beobachtungsergebnisse in Form einer Excel-Tabelle	
	Auswertung	Interpretation der Beobachtungsergebnisse, Vergleich mit den Ergebnissen der anderen Gruppen, Vervollständigen der Excel-Tabelle mit den Ergebnissen der anderen Gruppen und Formulieren einer zulässigen Schlussfolgerung, Drucken der Protokolle	
Computerunterstützte Erfassung der Wirkung des Enzyms Urease	**Vorbereitung** Vorbereitung des Protokolls	Protokollschema in einer Word-Datei erstellen, Experimentparameter in Messwerterfassungsprogramm eingeben	II
	Aufbau der Experimentieranordnung	Aufbau der Experimentieranordnung, Anschließen der Messinstrumente an das Messsystem und an den Laptop; Einstellungen im Messwerterfassungsprogramm vornehmen (Art der Messung, Messbereich u. a.)	

Tab. 3: (Fortsetzung)

Untersuchungsgegenstand; Untersuchungsthema	Phase / Tätigkeitsfelder in der selbständigen Schülerarbeit	Experimentelle und medientechnische Arbeitstechniken in der Phase der selbständigen praktischen Schülertätigkeit	Experimentelles Kompetenzniveau
	Durchführung Durchführung des Experimentes	Sukzessives Abarbeiten der vorgegebenen Einzelschritte, fachgerechter Umgang mit Geräten, Chemikalien und Computer	II
	Beobachtung	Erfassen der Messdaten	
	Auswertung Darstellung der Ergebnisse	Graphische Darstellung der Messdaten und Ausdrucken dieser	
	Interpretation der Ergebnisse	Interpretation der Messdaten Vergleich mit den Ergebnissen der anderen Gruppen – Schlussfolgerungen ableiten, Messfehler diskutieren	
Gruppe 1 – Computerunterstützte Untersuchung der Wirkung des Enzyms Urease			
Experiment 1: Wirkung der Urease auf Harnsoff	**Vorbereitung** Breitstellung fachlicher Informationen	Internetrecherche zum Vorkommen und zur Bedeutung der Urease; Reaktionsgleichung formulieren; begründen, warum die Wirkung der Urease auf Harnstoff anhand einer Leitfähigkeitsmessung ermittelt werden kann	
	Vorbereitung des Protokolls	Protokollschema in einer Word-Datei erstellen; Experimentparameter in Messwerterfassungsprogramm eingeben	
	Aufbau der Experimentieranordnung	Aufbau der Experimentieranordnung; Anschließen der Messinstrumente an das Messsystem und an den Laptop; Einstellungen im Messwerterfassungsprogramm vornehmen (Art der Messung, Messbereich u. a.)	
	Durchführung	Sukzessives Abarbeiten der vorgegebenen Einzelschritte, fachgerechter Umgang mit Geräten, Chemikalien und Computer	
	Beobachtung	Computerunterstütztes Erfassen der Messdaten	
	Auswertung Darstellung der Ergebnisse	Graphische Darstellung der Messdaten	
	Interpretation der Ergebnisse	Interpretation der Messdaten; Vergleich mit den Ergebnissen des ersten Versuches zur computerunterstützten Messwerterfassung, Schlussfolgerungen ableiten; Messfehler diskutieren; Ergebnisse in PC-Präsentation einarbeiten	
Die im folgenden aufgeführten Experimente stimmen in ihrem Grad der selbständigen Schülerarbeit überein, so dass die gleichen Phasen und Arbeitstechniken in Form der selbständigen Arbeit bewältigt werden mussten. Aus diesem Grund sind sie hier gemeinsam aufgeführt.			
Experiment 2: Temperaturabhängigkeit der Urease **Experiment 3:** Substratabhängikeit der Urease	**Planung** Zielbestimmung	Experimentziel konkret formulieren, Aufstellen von Vermutungen bezüglich der Temperaturabhängigkeit, der Substratanhängigkeit und der pH-Wertabhängigkeit des Enzyms	III
	Zeit- und Verfahrensplanung	Arbeitsschritte und geeignete Arbeitsteilung planen, Zeitrahmen planen	
	Geräte- und Chemikalienplanung	Geeignete Geräte und Chemikalien unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen auswählen	

Tab. 3: (Fortsetzung)

Untersuchungsgegenstand; Untersuchungsthema	Phase / Tätigkeitsfelder in der selbständigen Schülerarbeit	Experimentelle und medientechnische Arbeitstechniken in der Phase der selbständigen praktischen Schülertätigkeit	Experimentelles Kompetenzniveau
Experiment 4: pH-Wertabhängigkeit der Urease	**Vorbereitung**		III
	Vorbereitung des Protokolls	Protokollschema in einer Word-Datei erstellen, Experimentparameter in Messwerterfassungsprogramm eingeben	
	Aufbau der Experimentieranordnung	Aufbau der Experimentieranordnung, Anschließen der Messinstrumente an das Messsystem und an den Laptop; Einstellungen im Messwerterfassungsprogramm vornehmen (Art der Messung, Messbereich u. a.)	
	Durchführung		
	Feinplanung der Arbeitsschritte	Konkretisierung der Handlungsabläufe und der Arbeitsteilung innerhalb der Gruppe	
	Durchführung des Experimentes (Wiederholung des Experimentes mit verschiedenen Temperaturen)	Sukzessives Abarbeiten der erarbeiteten Einzelschritte, fachgerechter Umgang mit Geräten, Chemikalien und Computer	
	Beobachtung	Computerunterstütztes Erfassen der Messdaten in den verschiedenen Versuchsansätzen	
	Auswertung		
	Darstellung der Ergebnisse	Graphische Darstellung der Messdaten und Ausdrucken dieser	
	Interpretation der Ergebnisse	Interpretation der Messdaten; Vergleich mit den Ergebnissen der vorherigen Versuche, Schlussfolgerungen ableiten; Messfehler diskutieren; Ergebnisse in PC-Präsentation einarbeiten	
Gruppe 2: Untersuchungen zur Keimung von Kressesamen			
Experiment 1: Äußere Bedingungen für die Keimung von Kresse	**Planung**		II
	Zeit- und Verfahrensplanung	Arbeitsschritte und geeignete Arbeitsteilung planen, Zeitrahmen planen	
	Vorbereitung		
	Bereitstellen fachlicher Informationen	Keimungsbedingungen (abiotische Umweltfaktoren) für Kressesamen recherchieren und Bedeutung der Enzyme für diesen Prozess ermitteln	
	Vorbereitung des Protokolls	Geeignete Darstellungsform für Datenerfassung über einen längeren Zeitraum finden, Excel-Tabellen vorbereiten	
	Durchführung		
	Feinplanung der Arbeitsschritte	Anzahl der Versuchsansätze konkretisieren, Kontrollmessung unter bestmöglichen Bedingungen berücksichtigen	
	Durchführung des Versuches	Verschiedene Versuchsansätze herstellen, Kontrolle der Versuchsansätze im Abstand von 24 h über 5 Tage	
	Beobachtung	Auszählen der Keimlinge, Längenmessung, bildliche Dokumentation der Ergebnisse	

Tab. 3: (Fortsetzung)

Untersuchungsgegenstand; Untersuchungsthema	Phase / Tätigkeitsfelder in der selbständigen Schülerarbeit	Experimentelle und medientechnische Arbeitstechniken in der Phase der selbständigen praktischen Schülertätigkeit	Experimentelles Kompetenzniveau
	Auswertung Darstellung der Ergebnisse	Excel-Tabellen und Diagramme erstellen und auswerten, Fotos in PC-Präsentation einarbeiten	II
	Interpretation der Ergebnisse	Ermitteln der günstigsten Keimungsbedingungen für Kressesamen unter den gegebenen Möglichkeiten	
Die im folgenden aufgeführten Experimente stimmen in ihrem Grad der selbständigen Schülerarbeit überein, so dass die gleichen Phasen und Arbeitstechniken in Form der selbständigen Arbeit bewältigt werden mussten. Aus diesem Grund sind sie hier gemeinsam aufgeführt.			
Experiment 2: Untersuchung der Auswirkung von Schwermetallionen auf keimende Kresse **Experiment 3:** Untersuchung der Auswirkung von Natriumchloridlösung auf keimende Kresse	**Planung** Zielbestimmung	Experimentziel konkret formulieren, Aufstellen von Vermutungen bezüglich der Wirkung von Kupfer-, Blei-, Silber- und Manganionen auf keimende Kresse, im Vergleich zu Natriumionen und in Abhängigkeit von der Konzentration	III
	Zeit- und Verfahrensplanung	Arbeitsschritte und geeignete Arbeitsteilung planen, Zeitrahmen planen	
	Geräte- und Chemikalienplanung	Geeignete Geräte und Chemikalien unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen auswählen	
	Vorbereitung Bereitstellung fachlicher Information	Internetrecherche: Schwermetalle in der Umwelt, Auswirkungen auf Enzyme, Grenzwerte; Geeignete Konzentrationen der Salzlösungen festlegen unter Beachtung der Osmose	
	Vorbereitung des Protokolls	Protokollschema in einer Word-Datei erstellen, Datenerfassung mittels Excel-Tabellen vorbereiten	
	Durchführung Feinplanung der Arbeitsschritte	Anzahl der Versuchsansätze konkretisieren, Kontrollmessung unter bestmöglichen Bedingungen berücksichtigen	
	Durchführung des Experimentes	Verschiedene Versuchsansätze herstellen, Kontrolle der Versuchsansätze im Abstand von 24 h über 5 Tage	
	Beobachtung	Auszählen der Keimlinge, Längenmessung, bildliche Dokumentation der Ergebnisse; Excel-Tabellen und Diagramme erstellen und auswerten, Protokoll vervollständigen; Fotos in PC-Präsentation einarbeiten	
	Auswertung Darstellung der Ergebnisse	Graphische Darstellung der Messdaten	
	Interpretation der Ergebnisse	Interpretation der Messdaten; Vergleich mit den Ergebnissen der vorherigen Versuche, Schlussfolgerungen ableiten, Messfehler diskutieren; Ergebnisse in PC-Präsentation einarbeiten	

Tab. 3: (Fortsetzung)

Untersuchungsgegenstand; Untersuchungsthema	Phase / Tätigkeitsfelder in der selbständigen Schülerarbeit	Experimentelle und medientechnische Arbeitstechniken in der Phase der selbständigen praktischen Schülertätigkeit	Experimentelles Kompetenzniveau
Gruppe 3: Experimente mit Katalase (Kartoffel – Katalasepräparat)			
Experiment 1: Untersuchung der Substratspezifität der Katalase und Abhängigkeit der Enzymreaktion vom Zerteilungsgrad der Kartoffel	**Vorbereitung** Bereitstellen fachlicher Informationen	Internetrecherche: Vorkommen und Wirkung der Katalase; Glimmspanprobe	II
	Vorbereitung des Protokolls	Protokoll in Word-Datei erstellen	
	Durchführung Durchführung des Versuches	Sukzessives Abarbeiten der vorgegebenen Einzelschritte, fachgerechter Umgang mit Geräten, Chemikalien und Computer	
	Beobachtung	Konzentriertes Beobachten, Erfassen und Formulieren der Beobachtungsergebnisse; bildliche Dokumentation der Ergebnisse; Fotos in PC-Präsentation einarbeiten	
	Auswertung Interpretation der Ergebnisse	Erkennen des H_2O_2 als spezifisches Substrat und Formulieren der Abhängigkeit der Enzymreaktion von der „aktiven" Oberfläche; Betrachtung möglicher Fehlerquellen; Ergebnisse in PC-Präsentation einarbeiten	
Die im folgenden aufgeführten Experimente stimmen in ihrem Grad der selbständigen Schülerarbeit überein, so dass die gleichen Phasen und Arbeitstechniken in Form der selbständigen Arbeit bewältigt werden mussten. Aus diesem Grund sind sie hier gemeinsam aufgeführt.			
Experiment 2: Untersuchung der Abhängigkeit der Katalasereaktion vom pH-Wert **Experiment 3:** Untersuchung der Abhängigkeit der Katalasereaktion von der Temperatur **Experiment 4:** Einfluss von Schwermetallionenlösungen auf die Katalasereaktion (Konzentrationsabhänggigkeit berücksichtigt)	**Planung** Zielbestimmung	Experimentziel konkret formulieren, Aufstellen von Vermutungen bezüglich der Abhängigkeit der Katalsereaktion vom pH-Wert, der Temperatur und bezüglich des Einflusses von Kupfer- und Bleiionen verschiedener Konzentrationen	III
	Zeit- und Verfahrensplanung	Arbeitsschritte und geeignete Arbeitsteilung planen, Zeitrahmen planen	
	Geräte- und Chemikalienplanung	Geeignete Geräte und Chemikalien unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen auswählen	
	Vorbereitung Bereitstellung fachlicher Information	Internetrecherche: Schwermetalle in der Umwelt, Auswirkungen auf Enzyme, Grenzwerte	
	Vorbereitung des Protokolls	Protokollschema in einer Word-Datei erstellen	
	Durchführung Feinplanung der Arbeitsschritte	Anzahl der Versuchsansätze konkretisieren, Handlungsabläufe koordinieren, da eine Vielzahl von Einzelversuchen durchzuführen ist	
	Durchführung des Experimentes	Sukzessives Abarbeiten der geplanten Arbeitsschritte, ggf. Variation der Versuchsbedingungen	
	Beobachtung	Konzentriertes Beobachten, Erfassen und Formulieren der Beobachtungsergebnisse, bildliche Dokumentation der Ergebnisse; Fotos in PC-Präsentation einarbeiten	

Tab. 3: (Fortsetzung)

Untersuchungsgegenstand; Untersuchungsthema	Phase / Tätigkeitsfelder in der selbständigen Schülerarbeit	Experimentelle und medientechnische Arbeitstechniken in der Phase der selbständigen praktischen Schülertätigkeit	Experimentelles Kompetenzniveau
	Auswertung Darstellung der Ergebnisse	Geeignete Darstellungsform der Einzelergebnisse finden, um zusammenhängende Schlussfolgerungen ableiten zu können	III
	Interpretation der Ergebnisse	Interpretation der Ergebnisse; Vergleich mit den Ergebnissen der vorherigen Versuche, Schlussfolgerungen ableiten; Messfehler diskutieren; Ergebnisse in PC-Präsentation einarbeiten	
Gruppe 4: Enzymatische Reaktionen in und mit verschiedenen Lebensmitteln			
Experiment 1: Untersuchung der Proteinverdauung im Quark durch Pepsin in Abhängigkeit vom pH-Wert	**Vorbereitung** Bereitstellen fachlicher Informationen	Internetrecherche: Vorkommen und Wirkung des Pepsins im menschlichen Körper; Ableitung einer begründeten Vermutung bezüglich des optimalen pH-Wertes	II
	Vorbereitung des Protokolls	Protokoll in Word-Datei erstellen	
	Durchführung Durchführung des Versuches	Sukzessives Abarbeiten der vorgegebenen Einzelschritte, fachgerechter Umgang mit Geräten, Chemikalien und Computer	
	Beobachtung	Konzentriertes Beobachten, Erfassen und Formulieren der Beobachtungsergebnisse, bildliche Dokumentation der Ergebnisse; Fotos in PC-Präsentation einarbeiten	
	Auswertung Interpretation der Ergebnisse	Erkennen des sauren Milieus (pH:2) als optimal Bedingung für die Enzymreaktion, Betrachtung möglicher Fehlerquellen, Ergebnisse in PC-Präsentation einarbeiten	
Die im folgenden aufgeführten Experimente stimmen in ihrem Grad der selbständigen Schülerarbeit überein, so dass die gleichen Phasen und Arbeitstechniken in Form der selbständigen Arbeit bewältigt werden mussten. Aus diesem Grund sind sie hier gemeinsam aufgeführt.			
Experiment 2: Untersuchungen zur Temperaturabhängigkeit der Proteinverdauung im Quark durch Pepsin **Experiment 3:** Untersuchungen zur Wirkung der Amylase im Mundspeichel	**Planung** Zielbestimmung	Experimentziel konkret formulieren, Aufstellen von Vermutungen bezüglich der Abhängigkeit der Pepsinwirkung vom pH-Wert, der Wirkung der Amylase im Mundspeichel und der Wirkung des Actinidins auf Milcheiweiße	III
	Zeit- und Verfahrensplanung	Arbeitsschritte und geeignete Arbeitsteilung planen, Zeitrahmen planen	
	Geräte- und Chemikalienplanung	Geeignete Geräte und Chemikalien unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen auswählen	
	Vorbereitung Bereitstellung fachlicher Information	Wiederholung der Nachweisreaktionen von Stärke und Glucose, Arbeitsmaterial sichten und Zusammenhang zu den experimentellen Untersuchungen herstellen	
	Vorbereitung des Protokolls	Protokollschema in einer Word-Datei erstellen	

Tab. 3: (Fortsetzung)

Untersuchungsgegenstand; Untersuchungsthema	Phase / Tätigkeitsfelder in der selbständigen Schülerarbeit	Experimentelle und medientechnische Arbeitstechniken in der Phase der selbständigen praktischen Schülertätigkeit	Experimentelles Kompetenzniveau
Experiment 4: Untersuchungen zur Wirkung des Actinidins auf Milcheiweiße	**Durchführung** Feinplanung der Arbeitsschritte	Anzahl der Versuchsansätze konkretisieren, Handlungsabläufe koordinieren, da eine Vielzahl von Einzelversuchen durchzuführen ist	III
	Durchführung des Experimentes	Sukzessives Abarbeiten der geplanten Arbeitsschritte, ggf. Variation der Versuchsbedingungen	
	Beobachtung	Konzentriertes Beobachten, Erfassen und Formulieren der Beobachtungsergebnisse, bildliche Dokumentation der Ergebnisse; Fotos in PC-Präsentation einarbeiten	
	Auswertung Darstellung der Ergebnisse	Geeignete Darstellungsform der Einzelergebnisse finden, um zusammenhängende Schlussfolgerungen ableiten zu können, evtl. grafische Darstellung erstellen	
	Interpretation der Ergebnisse	Interpretation der Ergebnisse; Vergleich mit den Ergebnissen der vorherigen Versuche, Schlussfolgerungen ableiten, Messfehler diskutieren; Ergebnisse in PC-Präsentation einarbeiten	

Eine Auswahl der Ergebnisse der experimentellen Gruppenarbeit findet sich im Anhang (A 4-1 bis A 4-4). Sie enthalten neben den Protokollen auch die wesentlichen kognitiven Wissenselemente bezüglich der Enzyme, die durch das jeweilige Experiment erarbeitet wurden.

Durch den Vergleich der Ergebnisse der Einzeluntersuchungen aller Gruppen gelangen die Schüler zu der Erkenntnis, dass Enzymreaktionen im Allgemeinen von der Temperatur, dem pH-Wert und der Substratkonzentration abhängig sind und irreversibel durch Schwermetall-Ionen gehemmt werden können. Weiterhin gewinnen die Schüler durch die Verschiedenartigkeit der Enzyme, die in den einzelnen Gruppen untersucht wurden einen Einblick in die Bedeutung dieser Biokatalysatoren für den Stoff- und Energiewechsel sowohl für den menschlichen als auch für den pflanzlichen und tierischen Organismus.

In der Tabelle 4 wird die Vorgehensweise zur schrittweisen Entwicklung experimenteller Kompetenzen im Rahmen dieser UE dargestellt, wobei nicht nur der Grad der Erhöhung der Selbsttätigkeit der Schüler berücksichtigt wird, sondern auch ihre experimentellen und fachlichen Vorleistungen.

Bereits ab der ersten Unterrichtsstunde wird in Form der arbeitsteiligen Gruppenarbeit experimentiert. Infolge dessen, dass jede Gruppe ein anderes Enzym untersucht, können durch den Vergleich der Ergebnisse nach dem Prinzip des induktiven Vorgehens experimentell bestätigte zulässige Verallgemeinerungen be-

Tab. 4: Vorgehensweise zur schrittweisen Entwicklung experimenteller Kompetenzen im Rahmen einer Unterrichtseinheit (verändert, in Anwendung auf die eigene UE; nach Mayer 2006)

SE	Vorkenntnisse		Grad der Selbständigkeit	Fragestellung / Hypothese	Planung	Durchführung	Auswertung / Interpretation
	fachlich	experimentell					
1	ja	ja	3	Lehrer	Schüler	Schüler	Schüler
2	nein	nein	1	Lehrer	Lehrer / Schüler	Schüler	Lehrer / Schüler
3	nein	z. T.	2	Lehrer	Schüler	Schüler	Schüler
4	z. T.	z. T.	3	Lehrer / Schüler	Schüler	Schüler	Schüler
5	z. T.	z. T.	4	Schüler	Schüler	Schüler	Schüler
6	nein	z. T.	4	Schüler	Schüler	Schüler	Schüler
7	nein	z. T.	4	Schüler	Schüler	Schüler	Schüler

(Grad der Selbständigkeit: 0 – keine; 4 – hoch)

züglich der Abhängigkeit der Enzymwirkung von verschiedenen Faktoren formuliert werden. Die so gewonnenen fachwissenschaftlichen Erkenntnisse sind im Vergleich zu der dafür benötigten Zeit vom Umfang her relativ gering. Vergleichsweise könnten diese Inhalte in einem gut strukturierten Frontalunterricht in einem wesentlich geringeren zeitlichen Rahmen vermittelt werden.

Doch bezüglich der geforderten Kompetenzentwicklung, insbesondere des Denkens in komplexen Zusammenhängen, des Formulierens von Fragen, der Entwicklung von Arbeitshypothesen, Problemlösestrategien, selbständige Durchführung, Beobachtung und Auswertung von Experimenten, entspricht das zwar zeitlich intensivere, doch durch Selbständigkeit im geistigen und geistig-praktischen Handeln geprägte Vorgehen doch eher den Anforderungen eines Unterrichts in der gymnasialen Oberstufe.

Die häufig in der Literatur beschriebene Rolle des Lehrers als Mentor bei einer solchen unterrichtlichen Vorgehensweise, wobei er den Schülern als Berater zur Seite steht und die Rahmenbedingungen für ein selbständiges, forschendes bzw. problem- und handlungsorientiertes Arbeiten schafft, drückt meiner Meinung nach nicht annähernd das aus, was eine Lehrperson tatsächlich in der gedanklichen Vorbereitung und während der Unterrichtseinheit leisten muss, um ein erfolgreiches selbständiges Arbeiten der Schüler zu ermöglichen.

Es muss beispielsweise durchdacht werden, welche fachlichen und experimentellen Vorkenntnisse die Schüler haben, inwieweit sind diese reproduzierbar oder transferierbar auf die aktuelle Situation, welche kognitiven, experimentellen oder medientechnischen Voraussetzungen brauchen die Schüler, um die Ge-

nese der Frage- oder Problemstellung „mitzudenken“ , wie kann bei den Schülern das Bedürfnis geweckt werden, das Problem, die Aufgabe lösen zu wollen, welche Hilfestellungen sind angemessen um den Erkenntnisprozess voranzubringen, und stellen diese Hilfen tatsächlich nur Anregungen zum eigenen kreativen Denken dar und nicht den eigentlichen Lösungsweg.

Dies ist in Vorbereitung der Unterrichtseinheit mit den Versuchsleitern anhand einer Prozesskonzeption besprochen worden. In der die Stundenabfolge, die Lernziele, die fachlichen, experimentellen und medientechnischen Voraussetzungen zur Durchführung der Experimente sowie der Rahmen und Umfang der Hilfestellungen festgelegt wurden. Denn nur wenn Klarheit über ein einheitliches didaktisch-methodisches Vorgehen besteht, können empirisch zulässige Aussagen zur Kompetenzentwicklung getroffen werden.

b) bezüglich der Entwicklung medientechnischer Kompetenzen

In der entworfenen Unterrichtseinheit kommt den Neuen Medien dabei sowohl eine motivierende, informierende, visualisierende als auch eine experimentierende Funktion zu, wodurch das Experimentieren auf ein neues Anspruchsniveau gehoben wird.

Im Rahmen des Einsatzes des **Internets zur Informationsbeschaffung** (vgl. auch 2.4.3) kann davon ausgegangen werden, dass die Suche geeigneter Internetadressen mittels Suchmaschinen einem großen Teil der Schüler bereits bekannt ist. Bezüglich der Verwendung von Metasuchmaschinen und thematischer Verzeichnisse können die Schüler mittels geeigneter Hilfestellungen (vgl. Anhang A 2) dies entsprechend ihrer Vorkenntnisse individuell üben.

Bezüglich dem Finden konkreter Informationen werden geeignete Internetadressen vorgegeben oder es erfolgt die Vorgabe von Stichworten, um sicher zu gehen, dass sie alle wichtigen Aspekte in ihren Ausarbeitungen berücksichtigen. Eine wichtige Voraussetzung für die Nutzung des Internets als „Lehrmedium“ ist die Kenntnis des Unterrichtenden von den Inhalten der vorgegebenen Internetseiten. Nur durch eine vorherige Sichtung und Auswahl geeigneter Webseiten kann gewährleistet werden, dass die Schüler unterrichtsrelevante und dem Alter der Schüler angemessene fachlich fundierte Lerninhalte selbständig erarbeiten können.

Durch die Möglichkeit der Bearbeitung der Texte und Abbildungen können die Schüler sich zu dieser Thematik eine eigene Hefterseite individuell gestalten. Dadurch üben sie gleichzeitig das Kopieren und Bearbeiten von Informationen.

Diese Arbeitstechnik wurde im Rahmen dieser Unterrichtseinheit vorrangig zur Interpretation von Experimentierergebnissen oder aber zur theoretischen Vorbetrachtung bei der selbständigen Planung von Schülerexperimenten eingesetzt.

Im Rahmen der Unterrichtseinheit kommt der **Computer auch als Messinstrument** u. a. in der Thematik Wirkungsweise von Enzymen zum Einsatz. Wichtig hierbei ist die schrittweise Einführung dieser multimedialen Arbeitstechnik, in Form einer arbeitsgleichen Gruppenarbeit. Zunächst werden die Messinstrumente an den Laptop angeschlossen und die entsprechenden Geräte und Chemikalien vorbereitet. Anschließend erfolgt eine Einweisung in das Messwerterfassungsprogramm. Mittels eines Beamers werden die einzelnen Einstellungen im Programm vom Versuchsleiter demonstriert. Parallel dazu können die Schüler diese Arbeitsschritte an ihren Computern nachvollziehen. Dieser Vorgang sollte mehrmals geübt werden, bevor die Messung gestartet wird, um Sicherheit in diese Handlungsabfolgen zu bringen. Anhand eines Beispiels werden dann Darstellungsvarianten der Messergebnisse betrachtet. Das Programm ermöglicht die Darstellung der Ergebnisse in Form von Tabellen oder Diagrammen. Entsprechend des Untersuchungsgegenstandes können die Vor- und Nachteile dieser Varianten diskutiert werden.

Im Rahmen dieser Unterrichtseinheit wird die harnstoffspaltende Wirkung des Enzyms Urease untersucht. Infolge des Computereinsatzes können die Schüler den Verlauf einer Enzymreaktion durch die Veränderung der Leitfähigkeit praktisch mit verfolgen. Aufbauend darauf können dann verschiedene Abhängigkeiten der Enzymwirkung, z. B. von der Substratkonzentration, der Temperatur oder dem pH-Wert untersucht werden. Da die Ergebnisse durch das Programm grafisch dargestellt und gespeichert werden, können so die einzelnen Versuchsergebnisse verglichen werden, so dass die Schüler z. B. die optimalen Bedingungen für die Wirkung des Enzyms Urease ermitteln können. Diese Art der Messwerterfassung wird im weiteren Verlauf der Thematik „Stoff- und Energiewechsel“ wieder aufgegriffen und zwar am Beispiel der Dissimilationsvorgänge an keimenden Erbsensamen. Durch diesen Langzeitversuch (24 h) kann die Wärmeabgabe keimender Erbsensamen ermittelt werden. Auch hier können verschiedene Parameter, z. B. die Ausgangstemperatur, die Masse der Erbsensamen variiert werden, wodurch das Anspruchsniveau des Schülerexperimentes erhöht wird. Die Interpretation der Kurvenverläufe vor allem bezüglich der Leitfähigkeit und der Temperatur bedürfen zunächst der Hilfestellung durch den Ver-

suchsleiter, da die Messgeräte sehr empfindlich sind und geringste Schwankungen bereits im Kurvenverlauf zu sehen sind. Sie entsprechen meist nicht den idealisierten Kurvenverläufen aus den Lehrbüchern, so dass hier doch Übung notwendig wird. Durch den Einsatz der digitalisierten Messwerterfassung und Darstellung gestaltet sich die Diskussion möglicher Fehlerquellen für die Schüler schwierig, so dass dies auch bei der ersten Einführung in diese Arbeitsmethode mit berücksichtigt werden muss.

Der Einsatz des **Computers zur Vorbereitung und Auswertung von Schülerexperimenten** erfolgt in dieser Unterrichtseinheit unter anderem am Beispiel der ersten Untersuchung der Enzyme bezüglich ihrer Zugehörigkeit zur organischen Stoffklasse der Proteine. Die einzelnen Nachweisreaktionen für Stärke, Glucose, Fett und Proteine sind bereits mehrfach in der Sekundarstufe I sowohl im Biologieunterricht als auch im Chemieunterricht behandelt worden. Eine effiziente Methode diese Vorkenntnisse zu aktivieren, stellt eine im Computer vorbereitete Übersicht dar, in der in Kurzform die Nachweismittel und die zu erwartenden Beobachtungen aufgelistet sind. Parallel dazu ist bereits ein Protokollschema vorbereitet, in dem die Beobachtungen und Schlussfolgerungen eingegeben werden können. Am Ende der Untersuchung werden die Protokolle dann durch die Ergebnisse der jeweils anderen Gruppen vervollständigt und ausgedruckt.

Im Rahmen der sich anschließenden Untersuchung der einzelnen Enzymgruppen, bietet der Einsatz des Computers viele Vorteile im Bereich der Digitalisierung von Experimentergebnissen, z. B. digitale Fotos oder in der Darstellung von erfassten Daten. Da diese Nutzungsmöglichkeiten sehr vielfältig und von den Vorkenntnissen der Schüler abhängig sind, lassen sich diese multimedialen Arbeitstechniken nur in kleineren Gruppen einführen.

Die **Erstellung einer PC-Präsentation** stellt eine weitere medientechnische Kompetenz dar, die erweitert bzw. ausgebildet werden sollte. Auch hier müssen die Schüler zunächst mit der Arbeitsweise vertraut gemacht werden. Entsprechend der Ergebnisse der Voruntersuchung, in der deutlich wird, dass die Vorkenntnisse stark differieren, müssen auch hier individuelle Hilfestellungen angeboten werden. In der an der Untersuchung beteiligten Schule wird als Präsentationsprogramm PowerPoint verwendet. Im Rahmen einer Biologiearbeitsgemeinschaft wurde eine Art Wegweiser zur Erstellung von PowerPoint-Präsentationen erarbeitet. Entsprechend ihrer Voraussetzungen können die Schüler so individuell lernen, mit diesem Programm zu arbeiten. Die Einführung dieser multimedialen Arbeitstechnik ist stark von der Bereitschaft der einzelnen

Schüler, sich auch über den Unterricht hinaus damit auseinanderzusetzen, abhängig. Im Rahmen der einzelnen Unterrichtsstunden können vereinzelt individuelle Hilfestellungen, bezüglich fachlicher, methodischer oder auch technischer Aspekte gegeben werden. Aber eine umfassende Einführung in die Handhabung des Programms ist nicht möglich. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Fähigkeit der Schüler zur Kooperation bzw. zur Teamarbeit.

3.3 Untersuchungsdurchführung

In diesem Abschnitt wird die zeitliche Abfolge der empirischen Untersuchungen in Abhängigkeit vom Unterrichtsfortgang (mithin auch der Möglichkeiten der Entwicklung entsprechender zu untersuchender Kompetenzen) dargestellt.

Zeitachse	Erhebungsinstrument	Unterrichtsfortgang
t 1	**Voruntersuchung**	
t 1.1	Erhebungsbogen 1 und 2	Zwei Wochen vor Beginn der UE werden von den Schülern der an der Untersuchung beteiligten Biologiekurse im Rahmen einer Unterrichtsstunde Angaben zu Art und Häufigkeit der Computernutzung und zu individuellen medientechnischen Fähigkeiten gemacht.
t 1.2	Erhebungsbogen 3	In der darauffolgenden Unterrichtsstunde wurden die experimentellen Fähigkeiten der Schüler durch ein theoriegeleitetes Bearbeiten experimenteller Aufgabenstellungen ermittelt. Die Schüler erhielten in Vorbereitung dessen die Aufgabe, wesentliche Aspekte der Zellbiologie zu wiederholen.
t 2	**Hauptuntersuchung**	
t 2.1	Erhebungsbogen 4	Die Beurteilung des experimentellen Arbeitens der Schüler durch die unterrichtende Lehrkraft erfolgte zwei Wochen nach Beginn der UE, da zu diesem Zeitpunkt bereits alle Arbeitsgruppen durch einführende Experimente sowohl mit dem Thema als auch mit neuen Messmethoden vertraut gemacht wurden. Die vertiefte inhaltliche Durchdringung des Sachverhaltes und die fortschreitende Erhöhung der Selbständigkeit beim Experimentieren erlauben die Beurteilung des experimentellen Arbeiten bei einem Exp. des Kompetenzniveaus III.

t 2.2	Erhebungsbogen 5	Im Verlauf der dritten Woche nach Beginn der UE erfolgt die Präsentation der Versuche, der Ergebnisse und der theoretischen Grundlagen mittels des Computers und PowerPoint. Der hierzu konzipierte Auswertungsbogen umfasst die Bewertung der PC-Präsentationen unter fachlichem (inklusive experimentellem) und medientechnischem Aspekt und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Gewichtung der Einzelaspekte.
t 2.3	Erhebungsbogen 6	Nach Beendigung der Unterrichtseinheit erfolgte direkt im Anschluss die Einschätzung der Schüler bezüglich der Entwicklung bzw. Erweiterung ihrer medientechnischen Kompetenzen.
	Erhebungsbogen 7	In der darauffolgenden Unterrichtsstunde erfolgte der Leistungstest, zur Überprüfung der kognitiven Kenntnisse zur Thematik: Enzyme.
t 3	**Nachuntersuchung**	
	Erhebungsbogen 4	Acht Wochen nach Beendigung der Unterrichtseinheit erfolgt die Ermittlung der Behaltensleistungen in Bezug auf die erworbenen experimentellen Kompetenzen. Die Durchführung des SE erfolgt wiederum auf dem experimentellen Kompetenzniveau III. Die Beurteilung der selbständigen Schülerarbeit erfolgt durch die unterrichtenden Lehrkräfte.

3.4 Ergebnisse und Diskussion

Die erfassten Daten der empirischen Untersuchungen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS/PC EDV ausgewertet. Im folgenden Kapitel werden nur wesentliche Tabellen und Werte vorgestellt, alle weiteren Daten finden sich im Anhang und können dort vollständig eingesehen werden.

3.4.1 Ergebnisse der Voruntersuchung

3.4.1.1 Ermittlung der medientechnischen Kompetenzen der Schüler vor der UE

Alle an der Untersuchung beteiligten Schüler verfügen über einen PC im häuslichen Bereich, nur 6 der 80 Schüler haben im häuslichen Umfeld nicht die Möglichkeit der Internetnutzung (vgl. Anhang A1-1). Sie geben aber an, dass sie bei Bedarf die Internetzugänge der Informatikräume der Schule, der Schulbibliothek oder der öffentlichen Bibliothek nutzen.

Um die Frage zu klären, inwieweit der Computer in der Freizeit der Schüler von Bedeutung ist und in welchen Bereichen er vorrangig genutzt wird, diente ein Fragebogen im Ratingformat, mit sechs verschiedenen Items, die verschiedene Bereiche der Computer- und Internetnutzung umfassen.

Die Tabelle 5 zeigt die Angaben der 80 befragten Jugendlichen zu den verschiedenen Bereichen der Computernutzung in der Freizeit.

Tab. 5: Mediennutzung der Schüler im häuslichen Bereich (Angabe der Häufigkeiten in %)

Item	täglich	öfter	selten	nie
Ich nutze den Computer in meiner Freizeit	66,3	27,5	5	1,3
Ich nutze den Computer zur Bearbeitung schulischer Aufgaben	13,8	70	15	1,3
Ich nutze den Computer zum Spielen	20	30	27,5	22,5
Ich nutze das Internet als Informationsquelle für die Schule	13,8	75	6,3	5
Ich nutze das Internet als Informationsquelle für die Freizeit	27,5	50	17,5	5
Ich nutze das Internet als Kontakt- und Kommunikationsmedium	47,5	17,5	28,8	6,3

(Die vollständige Auswertung der Daten liegt im Anhang A1-1 vor)

Diskussion der Ergebnisse

Die Auswertung der Angaben zeigt deutlich, dass der Computer für viele Schüler dieser Altersstufe ein wichtiges Medium in der Freizeit darstellt, denn immerhin geben 66,3 % der Befragten an, dieses Medium täglich in ihrer Freizeit zu nutzen.

Dabei lässt sich die anhand früherer Untersuchungen gemachte Aussage, dass sich Mädchen weit weniger intensiv mit dem Computer beschäftigen und ihm insgesamt distanzierter gegenüber stehen, nicht verifizieren (vgl. Abb. 3).

Früheren Untersuchungen zufolge (vgl. 2.3) rangierte das Spielen mit dem Computer auf Rang eins der Beschäftigungsarten mit diesem Medium. In dieser Studie wird deutlich, dass die Nutzung des Internets und hier vor allem die Kontakt- und Kommunikationsebene deutlich an Interesse gewonnen hat und im Rahmen dieser Probandengruppe sogar den Platz eins unter den erfragten Beschäftigungsarten mit dem Computer einnimmt, bezogen auf die Häufigkeit der Nutzung.

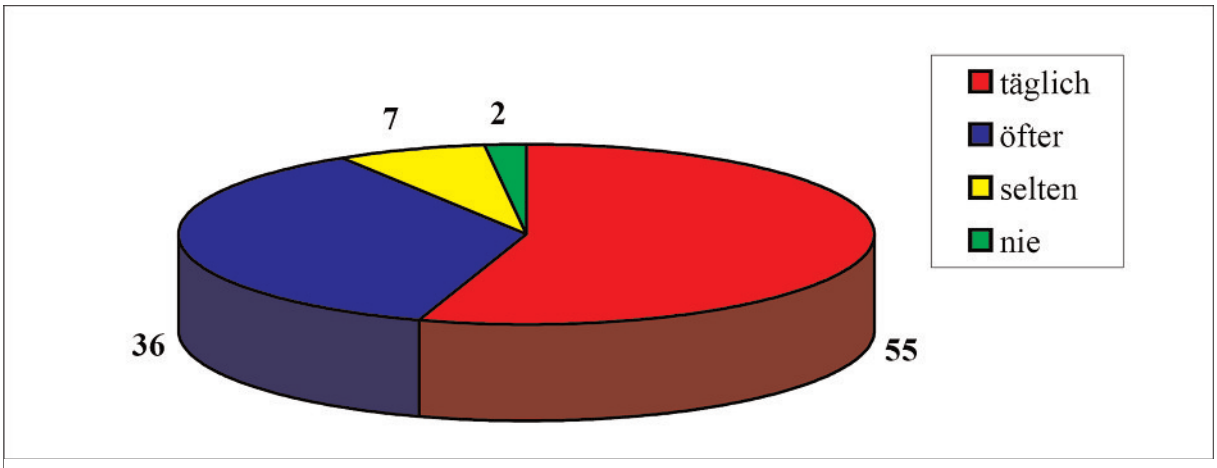


Abb. 3: Häufigkeit der Computernutzung in der Freizeit der weiblichen Probanden (Angaben in %).

Differenziertere Aussagen bezüglich der Art der Computernutzung im Freizeitbereich in Abhängigkeit vom Geschlecht lassen sich unter Einbeziehung der Abbildungen 4–6 treffen.

Deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede zeigen sich bei der Frage nach der Nutzung des Computers als Spielmedium. Hier geben 43 % der Jungen an, dass sie täglich mit dem Computer spielen, demgegenüber sind es nur 4,3 % der Mädchen (vgl. Abb. 4).

Stellt man allerdings vergleichende Betrachtungen zur Nutzung des Computers als Spielmedium und zur Bearbeitung schulischer Aufgaben in Abhängigkeit vom Geschlecht an (vgl. Abb. 5 a und 5 b), so liegen auch bei den Jungen, dieses Bildungsganges, Präferenzen im Bereich der schulischen Nutzung des Computers, wobei dies bei den Mädchen noch wesentlich deutlicher erkennbar ist. Diese Ergebnisse bestätigen die bereits durch anderen Studien (vgl. 2.3) gemachte

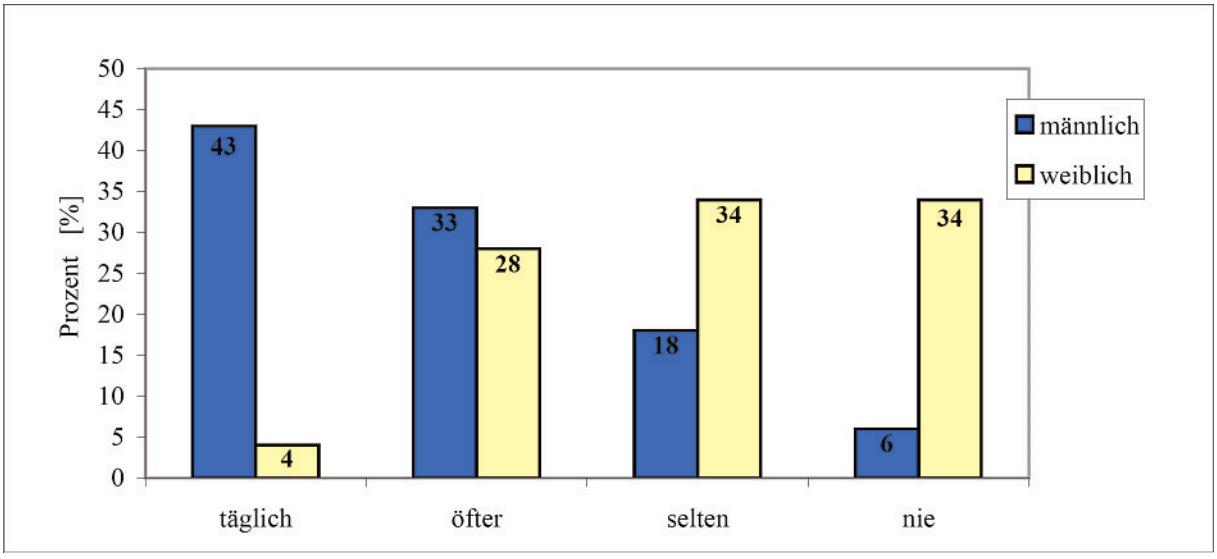


Abb. 4: Häufigkeit der Nutzung des Computers in der Freizeit (Angaben nach Geschlecht differenziert).

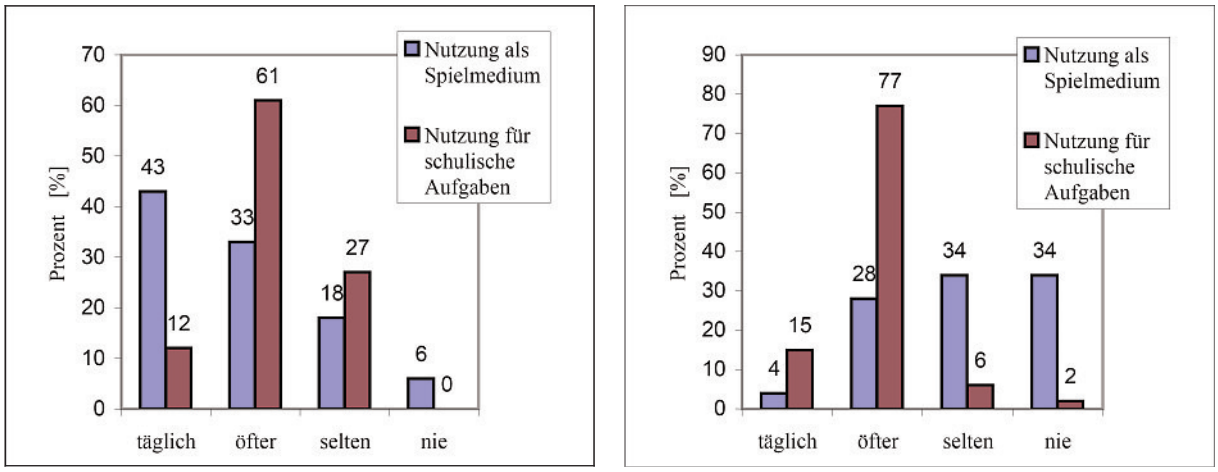


Abb. 5: Häufigkeit der Nutzung des Computers als Spielmedium und zur Bearbeitung schulischer Aufgaben (**5 a** männliche und **5 b** weibliche Probanden).

Beobachtung, dass bei Mädchen eher die konkrete Nützlichkeit im Umgang mit dem Computer im Vordergrund steht.

Bemerkenswert sind die Ergebnisse zur Frage nach der Nutzung des Computers als Kontakt- und Kommunikationsmedium. Sowohl 54,5 % der Jungen als auch 42,5 % der Mädchen geben an, dass sie täglich diese Seite des Mediums Computer und Internet nutzen (vgl. Abb. 6).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Computer und das Internet eine große Bedeutung im Alltag von Schülern dieser Altersstufe besitzen. Schwerpunkte der Nutzung stellen für beide Geschlechter dabei die Möglichkeiten des Internets als Informations- und Kommunikationsmedium sowie die der Bearbeitung schulischer Aufgaben dar. Geschlechtsspezifische Unterschiede zei-

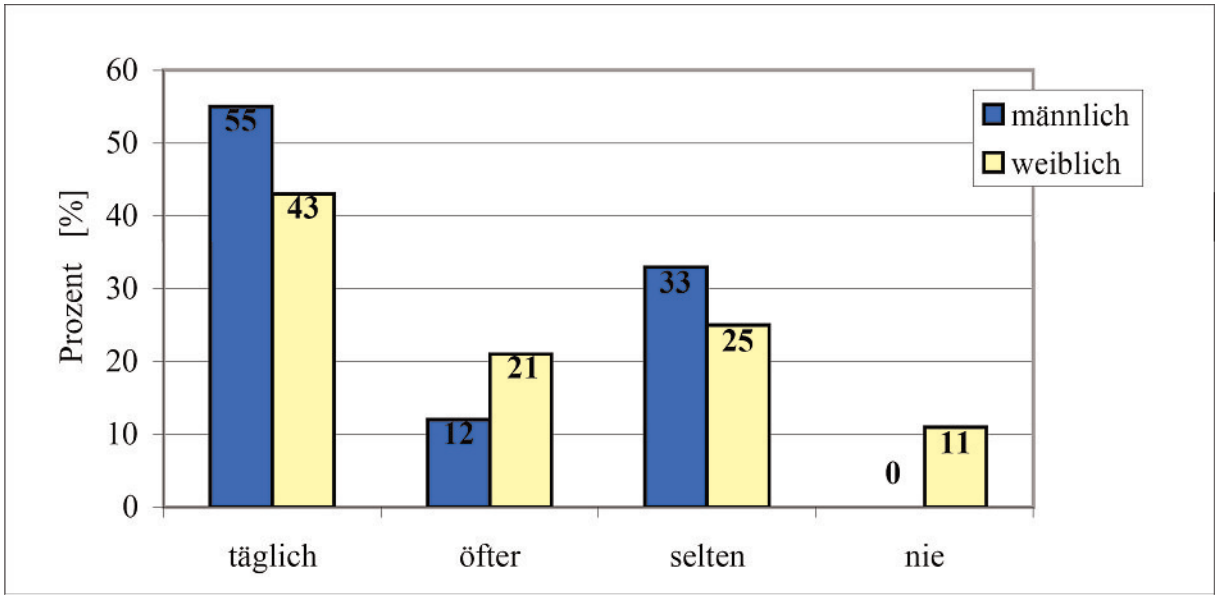


Abb. 6: Häufigkeit der Nutzung des Computers als Kontakt- und Kommunikationsmedium.

gen sich nur in der Nutzung des Computers als Spielmedium. Diese Ergebnisse lassen die Vermutung zu, dass viele Schüler der Sekundarstufe II bereits über grundlegende medientechnische Kompetenzen verfügen.

Dies wurde in einem weiteren Test (Erhebungsbogen 2; vgl. A 1-2) überprüft. In diesem Testverfahren wurden weitere für die Planung der Unterrichtseinheit notwendige Informationen zu den medientechnischen Kompetenzen der Schüler ermittelt. Hier schätzten die Schüler ihre Fähigkeiten zu verschiedenen konkreten medientechnischen Arbeitsabläufen ein. Das Ratingformat umfasste folgende 4 Abstufungen: „Das kann ich“, „Da habe ich manchmal Schwierigkeiten“, „Das kann ich nicht“ und „Das habe ich noch nicht gemacht“.

Die Daten zeigen deutlich, dass Tätigkeiten die eng mit der privaten Nutzung des Computers und des Internets korrelieren, vom überwiegenden Teil dieser Schüler beherrscht werden.

Eine differenziertere Aussage diesbezüglich erlaubt die folgende Darstellung, indem die Angaben entsprechend der Häufigkeit in Gruppen zusammengefasst dargestellt werden. Die Zahlenangaben in der Abbildung 7 entsprechen den Items der Tabelle 6. Hierbei werden nur die Daten des Ratingformates 1 („Das kann ich“) in die Betrachtungen einbezogen. Kompetenzbereiche bei denen über 80 % der Schüler dieses Ratingformat angegeben haben, sind in Gruppe 1 zusammengefasst, bei Angaben zwischen 40 und 79 % finden sich die Kompetenzen in Gruppe 2 und Werte unter 40 % finden sich in Gruppe 3.

Die in der Gruppe 1 zusammengefassten medientechnischen Kompetenzen stellen grundlegende Fähigkeiten im Umgang mit dem Computer und Internet

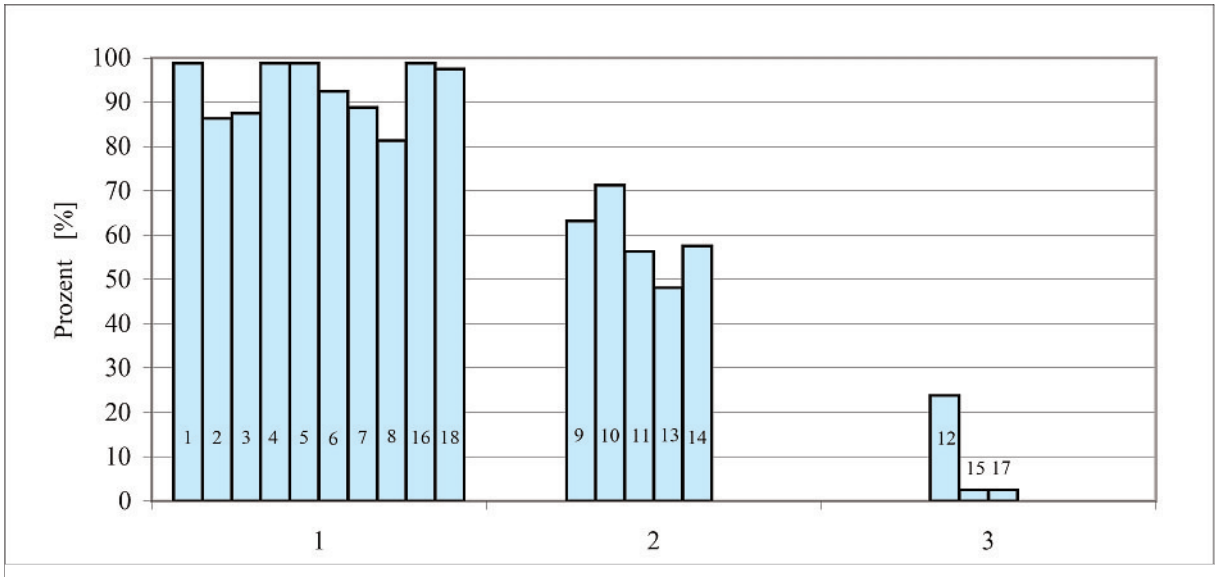


Abb. 7: Vergleichende Betrachtung der medientechnischen Kompetenzen.

dar. Unter Beachtung der Ergebnisse zur Häufigkeit der Nutzung dieser Medien in der Freizeit konvergieren diese Ergebnisse damit. Diesbezüglich sind auch keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede erkennbar.

Tab. 6: Ergebnisse zur Untersuchung der medientechnischen Kompetenzen der Schüler (Angaben der Häufigkeit in %)

Items	Das kann ich	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	Das kann ich nicht	Das habe ich noch nicht gemacht
1. Informationen zu einem Thema im Internet mit Hilfe von Suchmaschinen finden	98,8	0	0	1,3
2. Internetadressen speichern	86,3	5,0	2,5	6,3
3. Informationen aus dem Internet in ein Textverarbeitungsprogramm (z. B. Word) kopieren	87,5	7,5	3,8	1,3
4. Informationen ausdrucken	98,8	1,2	0	0
5. eigene Informationen in Word eingeben und ausdrucken	98,8	1,2	0	0
6. Informationen auf der Festplatte speichern	92,5	3,8	0	3,8
7. Informationen auf CD-ROM oder Diskette speichern.	88,8	10,0	0	1,3
8. Kopieren von Informationen zwischen unterschiedlichen Programmen	81,3	10,0	3,8	5,0
9. Informationen mit Hilfe von Thematischen Verzeichnissen im Internet finden.	63,2	3,9	2,6	30,3
10. Erstellen von Tabellen und Graphiken z. B. mit Excel	71,3	22,5	0	6,3
11. Bearbeiten von digitalen Bildern mit Hilfe eines Bildverarbeitungsprogramms	56,3	27,5	1,3	15,0
12. Anschließen von digitalen Messgeräten an einen PC	23,8	8,8	2,5	65,0
13. Informationen mit Hilfe von Metasuchmaschinen im Internet finden	48,1	8,9	1,3	41,8
14. Erstellen einer PC-Präsentation, z. B. mit Power-Point	57,5	12,5	1,3	28,8
15. Durchführen eines digitalen Messverfahrens (z. B. digitale Messung der Leitfähigkeit, der Temperatur u. a.)	2,5	5,0	3,8	88,8
16. Texte in einem Textverarbeitungsprogramm, z. B. Word erstellen und verändern	98,8	1,3	0	0
17. Arbeit mit einem Messwerterfassungsprogramm	2,5	3,8	5,0	88,8
18. Internetadressen eingeben und aufrufen	97,5	0	0	2,5

Über Fähigkeiten, die vordergründig aus einer anwendungsbezogenen Nutzung des Computers resultieren, wie beispielsweise das Erstellen von Tabellen und Grafiken, die Bearbeitung von digitalen Bildern und das Erstellen von PC-Präsentationen, verfügt ein geringerer Teil des Schüler. Das Finden von Informationen im Internet mit Hilfe von Metasuchmaschinen und thematischen Verzeichnissen ist einem Teil der Schüler nicht bekannt.

Die in der dritten Gruppe zusammengefassten Arbeitstechniken beziehen sich auf die Durchführung von computerunterstützten Experimenten. Anhand der Angaben ist deutlich erkennbar, dass 88,8 % der Schüler diese speziellen Kompetenzen noch nicht erworben haben.

Von besonderer Bedeutung für die Auswertung bzw. Darstellung der fachlichen und experimentell gewonnenen Erkenntnisse ist die Erstellung einer PC-Präsentation, in der sowohl die Experimente, deren theoretische Grundlagen als auch die Dokumentation (digitale Bilder, Diagramme, Messwerttabellen u. a.) der Ergebnisse veranschaulicht werden. Aus diesem Grund wird diese Fähigkeit im folgenden explizit herausgegriffen und näher betrachtet (vgl. Abb. 8).

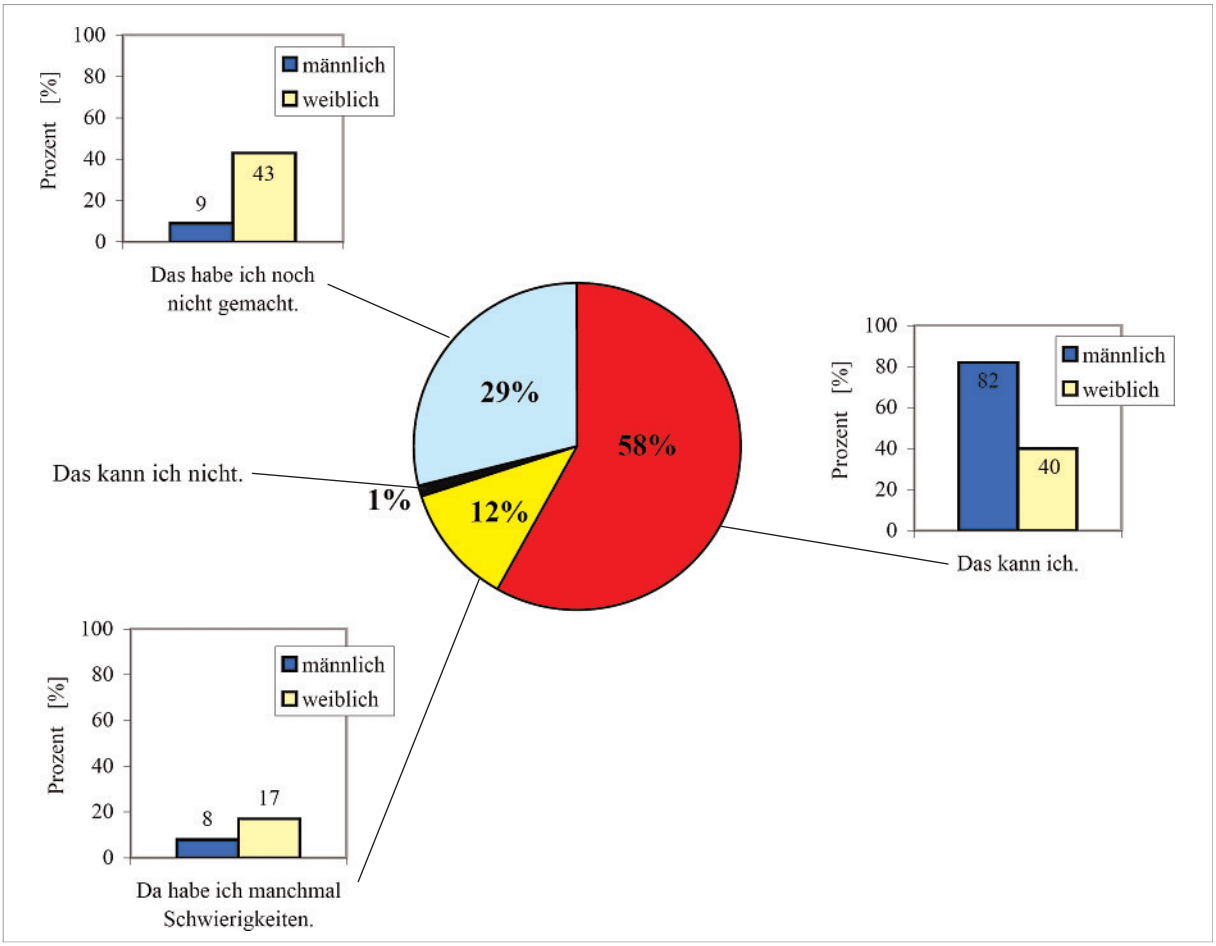


Abb. 8: Angaben zum Kompetenzbereich: Erstellen einer PC-Präsentation, unter Berücksichtigung des Geschlechts.

Von den 57,5 % der Schüler, die angeben diese Arbeitstechnik zu können, ist der überwiegende Anteil Jungen, wohingegen der Anteil der Mädchen im Bereich der Ratingformate 2 und 3 überwiegt, was bedeutet, dass sie sich bereits mit dieser Methode beschäftigt haben, aber in der Anwendung Schwierigkeiten haben. Diese geschlechtsspezifischen Unterschiede sind signifikant (vgl. Tab. 7).

Tab. 7: Geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich der Erstellung von PC-Präsentationen (Chi-Quadrat-Tests)

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	16,615 (a)	3	0,001
Likelihood-Quotient	18,250	3	0,000
Zusammenhang linear-mit-linear	12,216	1	0,000
Anzahl der gültigen Fälle	80		

a = 3 Zellen (37,5 %) haben eine erwartete Häufigkeit < 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 0,41.

Die Ergebnisse der Situationsanalyse bestätigen die Vermutung, dass die Schüler über grundlegende medientechnische Kompetenzen, sowohl im Bereich der Textverarbeitung, als auch im Bereich der Informationsbeschaffung verfügen. Die Art der Durchführung der Situationsanalyse ermöglicht auch eine individualisierte Datenauswertung, so dass auch individuelle Hilfen (vgl. Anhang A 2) in ganz bestimmten Bereichen der medientechnischen Kompetenzen angeboten werden können, z. B. im Bereich der Internetrecherche und der Erstellung von PC-Präsentationen.

Im Hinblick auf die für die Unterrichtseinheit relevanten Kompetenzen (computerunterstütztes Experimentieren, Arbeit mit einem Messwerterfassungsprogramm und Anfertigen von PC-Präsentationen) bestätigt auch hier die Analyse der Daten, dass diese Kompetenzen vielfach neu ausgebildet werden müssen, was bezüglich der Planung der Unterrichtseinheit in einer schrittweisen Erarbeitung dieser Arbeitsmethode Berücksichtigung finden wird.

3.4.1.2 Ermittlung der experimentellen Kompetenzen der Schüler vor der UE

Die Entwicklung der experimentellen Kompetenzen stellt das primäre Ziel der Arbeit dar, demzufolge ist es unabdingbar den aktuellen Stand der Kompetenzentwicklung der Schüler vor Beginn der Unterrichtseinheit zu analysieren. Dabei sind die experimentellen Aufgaben so ausgewählt wurden, dass alle drei experimentellen Kompetenzniveaus getestet werden, die einzelnen Aufgaben

selbst aber keine Abhängigkeiten untereinander haben (siehe Anhang A1-3). Die Aufgaben basieren auf Unterrichtsinhalten des Kursthemas Zellbiologie, welches bei allen beteiligten Kursen bereits zu Beginn der 11. Jahrgangsstufe behandelte wurde, so dass kognitive Vorleistungen gegeben sind.

Die Untersuchung der experimentellen Vorkenntnisse der Schüler erfolgt nur anhand der theoretischer Bearbeitung experimenteller Aufgaben. Denn die experimentellen Kompetenzen sind auf diesem Wege auch indirekt testbar, da sie durch aktives Handeln und gedankliches Verarbeiten aufgebaut wurden und so zu assoziativem Wissen führen, welches dann in Gedankenexperimenten bzw. theoriegeleitetem Planen und Auswerten von Experimenten durch sogenanntes „inneres Handeln“ (Denkoperationen) abrufbar sind. Denn das Denken liegt als Metatätigkeit über dem konkreten Handeln (Aebli 1980). Bezogen auf die drei experimentellen Kompetenzniveaustufen (vgl. 2.2.2) lässt sich das folgendermaßen anwenden (vgl. Tab. 8).

In der Analyse der Daten bestätigt sich die Vermutung, dass die experimentellen Kompetenzen auf den Niveaustufen I und II bei einem großen Teil der Schüler sehr gut entwickelt sind (vgl. Tab. 9–13). Das heißt, sie verfügen über grundlegende experimentelle Fähigkeiten.

Aus der Anzahl der Schüler (68,8 %), welche die max. Anzahl der Bewertungseinheiten erhielt, lässt sich schlussfolgern, dass sie über grundlegende Kenntnisse im Umgang mit naturwissenschaftlichen Geräten und deren Zusammenwirken verfügen und in der Lage sind experimentelle Grundstrategien anzuwenden, sowie entsprechend des Experimentziels geeignete experimentelle Anordnungen zu entwickeln. Dies bestätigen auch die Ergebnisse der Aufgabe 2, in der diesbezügliche Kompetenzen untersucht wurden (vgl. Tab. 9 und 10).

Des Weiteren wurde in Aufgabe 2 das Formulieren von Experimentzielen und von Beobachtungsergebnissen überprüft, welches 66,3 % der Schüler vollständig beherrschten und 20 % mit kleineren Schwierigkeiten (vgl. Tab. 10).

Spezielle experimentelle Fähigkeiten in Kenntnis und Umgang mit naturwissenschaftlichen Geräten wurden in Aufgabe 3 untersucht, und von einem überwiegenden Teil der Schüler vollständig bzw. nahezu vollständig richtig bearbeitet (vgl. Tab. 11).

Eine sehr gute Ausbildung der experimentellen Kompetenzen im Bereich des Formulierens und Interpretierens von Messergebnissen zeigt die Auswertung der Aufgabe 4. 90 % der Probanden erreichten hier die maximale Anzahl an Bewertungseinheiten (vgl. Tab. 12).

Tab. 8: Zuordnung der Aufgaben des Erhebungsbogens 3 zu den zu testenden experimentellen Kompetenzniveaus I bis III

Schwerpunkte der experimentellen Kompetenzniveaus	Überprüfung experimenteller Fähigkeiten und Kenntnisse entsprechend der Niveaustufen durch folgende Aufgaben [1)]				
	A 1	**A 2**	**A 3**	**A 4**	**A 5**
Kompetenzniveau I					
– Beherrschen einfacher exp. Vorgehensweisen und Handlungsroutinen	X				
– Kenntnisse naturwissenschaftlicher Geräte und deren Zusammenwirken	X		X		
– Formulieren von Beobachtungsergebnissen		X			
– Formulieren von Messergebnissen				X	
Kompetenzniveau II					
– Anwenden von Grundstrategien beim Experimentieren und Erweiterung dieser	X	X			X
– Formulieren von Experimentzielen zur Untersuchung eines bekannten Sachverhaltes		X			
– Auswahl, Erweiterung und Variation exp. Anordnungen		X	X	X	
– differenzierte Interpretation von Ergebnissen (Messfehler, Messgenauigkeit, Zulässigkeit von Verallgemeinerungen)				X	
Kompetenzniveau III					
– Formulierung von eigenen Experimentzielen zur Untersuchung unbekannter Sachverhalte					X
– Entwicklung von Handlungsabläufen					X
– Selbständigkeit im Planen von Geräten und Materialien und deren Anordnung					X

[1)] siehe Anhang A 1-3

Das es den Schülern aber größtenteils nicht gelingt, eigene Handlungsstrategien zur Lösung einer experimentellen Problemstellung zu entwickeln, wird in der Auswertung der Aufgabe zum Kompetenzniveau III deutlich. Nur einem geringen Teil der Schüler (vgl. Tab. 13) gelang es, einen experimentellen Ansatz zur Lösung zu finden, wobei ihnen die kognitiven Vorleistungen zur Bewältigung der Aufgabe gegeben waren. Dies legt den Schluss nahe, dass es ihnen vor allem an den experimentellen Fähigkeiten, bezüglich des Formulierens von Experimentzielen zur Untersuchung unbekannter Sachverhalte und dem selbständigen Aufstellen von experimentellen Handlungsabläufen fehlt, um eine solche Aufgabe zu bewältigen.

Bezüglich der Planung des experimentellen Arbeitens innerhalb der Unterrichtseinheit lässt diese Untersuchung den Schluss zu, dass aufbauend auf den

Tab. 9: Ergebnisse der Aufgabe 1

Bewertungs-einheiten	Häufigkeit	Prozent
0	7	8,8
1	0	0
2	5	6,2
3	13	16,2
4	55	**68,8**
Gesamt	80	100,0

Tab. 10: Ergebnisse der Aufgabe 2

Bewertungs-einheiten	Häufigkeit	Prozent
0	0	0
1	1	1,2
2	10	12,5
3	16	20,0
4	53	**66,3**
Gesamt	80	100,0

Tab. 11: Ergebnisse der Aufgabe 3

Bewertungs-einheiten	Häufigkeit	Prozent
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	1	1,2
4	3	3,8
5	19	23,8
6	57	**71,2**
Gesamt	80	100,0

Tab. 12: Ergebnisse der Aufgabe 4

Bewertungs-einheiten	Häufigkeit	Prozent
0	0	0
1	1	1,2
2	7	8,8
3	72	**90,0**
Gesamt	80	100,0

Tab. 13: Ergebnisse der Aufgabe 5

Bewertungs-einheiten	Häufigkeit	Prozent
0	42	52,5
1	22	27,5
2	5	6,2
3	11	**13,8**
Gesamt	80	100,0

z. T. sehr guten experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten an der Ausbildung der Kompetenzebene III gearbeitet werden kann und muss, um den experimentellen Anforderungen der Einheitlichen Prüfungsanforderungen Rechnung zu tragen.

3.4.2 Ergebnisse der Hauptuntersuchung

3.4.2.1 Medientechnische Kompetenzentwicklung infolge der UE

Das Erhebungsinstrument der Fragebogentechnik im Ratingformat (vgl. Anhang A 1-2) durch welchesn die Schüler ihre spezifischen Kenntnisse im Umgang mit den neuen Medien entsprechend der vorgegebenen Items in der Vorunter-

suchung einschätzen sollten, kam in leicht veränderter Form nochmals zum Einsatz (vgl. Anhang A1-6), um zu überprüfen, wie die Schüler ihre Fähigkeiten zu einzelnen Arbeitstechniken nach Beendigung der Unterrichtseinheit einschätzen. Eine solche Herangehensweise ist sicherlich sehr subjektiv, doch sie ermöglicht festzustellen, inwieweit die Schüler diese Fähigkeiten und Fertigkeiten für sich selbst als „gelernt" empfinden. Der Vergleich der beiden abhängigen parameterfreien Stichproben erfolgte durch den Wilcoxon-Test. Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Messpunkten sind bei den Arbeitsmethoden, die bereits im ersten Test von einem Großteil der Schüler mit Rating 1 („Das kann ich") angegeben wurden (vgl. Tab. 2) nicht zu erwarten.

Von besonderem Interesse ist daher der Vergleich zwischen beiden Messpunkten bezüglich der medientechnischen Kompetenzen, die bei einem Großteil der Schüler nicht oder nur unzureichend entwickelt waren. Schwerpunkte bilden hierbei das Anschließen von Messgeräten, die Arbeit mit einem Messwerterfassungsprogramm, die Auswertung von Daten mittels des Computers, das Erstellen von PC-Präsentationen und die Bearbeitung digitaler Bilder. Die signifikanten Ergebnisse dieses Vergleiches sind in der Tabelle 14 dargestellt und zeigen eine deutlich positive Entwicklung der erwähnten medientechnischen Kompetenzen.

Tab. 14: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests ausgewählter medientechnischer Kompetenzen

	2. (t 2)– 2. (t 1)	**3. (t 2)– 3. (t 1)**	**8. (t 2)– 8. (t 1)**	**9. (t 2)– 9. (t 1)**	**10. (t 2)– 10. (t 1)**	**11. (t 2)– 11. (t 1)**
Z	–2,701 (a)	–2,060 (a)	–2,694 (a)	–4,419 (a)	–2,271 (a)	–3,487 (a)
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,007	0,039	0,007	0,000	0,023	0,000

	12. (t 2)– 12. (t 1)	**13. (t 2)– 13. (t 1)**	**14. (t 2)– 14. (t 1)**	**15. (t 2)– 15. (t 1)**	**17. (t 2)– 17. (t 1)**	
Z	–7,345 (a)	–5,143 (a)	–4,476 (a)	–8,197 (a)	–7,886 (a)	
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

a Basiert auf positiven Rängen.

2 – Internetadressen speichern; 3 – Kopieren von Informationen aus dem Internet in ein Testverarbeitungsprogramm; 8 – Kopieren von Informationen zwischen unterschiedlichen Programmen; 9 – Informationen mit Hilfe Thematischer Verzeichnisse im Internet finden; 10 – Erstellen von Tabellen und Grafiken; 11 – Bearbeiten von digitalen Bildern; 12 – Anschließen von digitalen Messgeräten an einen PC; 13 – Informationen mit Hilfe von Metasuchmaschinen im Internet finden; 14 – Erstellen einer PC-Präsentation; 15 – Durchführen eines digitalen Messverfahrens; 17 – Arbeit mit einem Messwerterfassungsprogramm

Nicht nur im Bereich der computerunterstützten Messwerterfassung lassen sich diese positiven Entwicklungstendenzen feststellen, sondern auch im Bereich der Internetrecherche. Auch wenn die Schüler in ihrer Freizeit häufig im Internet surfen oder kommunizieren, lassen sich trotzdem Fortschritte in ihren Fähigkeiten feststellen. So zeigen sich in den Bereichen der Speicherung von Internetadressen, dem Finden von Informationen mittels thematischer Verzeichnisse und dem Vorgang des Kopierens von Informationen aus dem Internet signifikant positive Unterschiede.

An ausgewählten Arbeitsschritten werden im Folgenden die Ergebnisse an konkreten Zahlen noch einmal verdeutlicht. Dies ermöglicht eher festzustellen inwieweit tatsächlich eine Kenntnis- und Fähigkeitsentwicklung im Umgang mit den Neuen Medien stattgefunden hat und inwieweit sich die Schüler im Umgang mit den neuen Arbeitstechniken sicher sind (Tab. 15).

Tab. 15: Vergleich der Entwicklung ausgewählter medientechnischer Arbeitstechniken zwischen den Messpunkt t 1 (Voruntersuchung) und t 2 (nach Beendigung der UE) (Angaben in %)

Item	Messpunkte	1	2	3	4
2. Internetadressen speichern	t 1	86,3	5,0	2,5	6,3
	t 2	96,3	3,8	0	–
8. Kopieren von Informationen zwischen unterschiedlichen Programmen	t 1	81,3	10,0	3,8	5,0
	t 2	90,0	10,0	0	–
9. Informationen mit Hilfe von Thematischen Verzeichnissen finden	t 1	63,2	3,9	2,6	30,3
	t 2	78,8	6,3	15,0	–
11. Bearbeiten von digitalen Bildern mit Hilfe eines Bildverarbeitungsprogramms	t 1	56,3	27,5	1,3	15,0
	t 2	60,0	35,0	5,0	–
12. Anschließen von digitalen Messgeräten an einen PC	t 1	23,8	8,8	2,5	65,0
	t 2	98,8	1,2	0	–
13. Informationen mit Hilfe von Metasuchmaschinen finden	t 1	48,1	8,9	1,3	41,8
	t 2	71,3	12,5	16,3	–
14. Erstellen einer PC-Präsentation, z. B. mit PowerPoint	t 1	57,5	12,5	1,3	28,8
	t 2	75,0	23,8	1,3	–
15. Durchführen eines digitalen Messverfahrens	t 1	2,5	5,0	3,8	88,8
	t 2	88,8	11,3	0	–
17. Arbeit mit einem Messwerterfassungsprogramm	t 1	2,5	3,8	5,0	88,8
	t 2	67,5	32,5	0	–

1: Das kann ich; 2: Da habe ich manchmal Schwierigkeiten; 3: Das kann ich nicht; 4: Das habe ich noch nicht gemacht (entfällt beim Messpunkt t 2)

Bezüglich der Items 9 und 13 ist festzustellen, dass ein gewisser Teil der Schüler diese Methoden der Internetrecherche nach eigenen Angaben nicht beherrscht. Diese Methodenkompetenzen sollten in Form von Hausaufgaben anhand vorgegebener Suchmaschinen/Internetadressen erworben werden (vgl. Anhang A 2), die wahrscheinlich von einem Teil der Schüler nicht oder nur unzureichend erfüllt wurden. Denn diese Methoden der Internetrecherche stellen nach Eingabe der entsprechenden Internetadressen eigentlich keine große Schwierigkeit dar. An dieser Stelle wäre die Spalte vier des Fragebogens mit dem Ratingformat: „Das habe ich noch nicht gemacht" geeigneter gewesen, um diese Frage eindeutiger zu beantworten.

Die Ergebnisse der Untersuchung im Bereich der digitalen Messwerterfassung und Auswertung (Items 12, 15 und 17) zeigen deutliche Fortschritte in der Entwicklung der Kompetenzen. In Bezug auf die Durchführung eines digitalen Messverfahrens und der Arbeit mit einem Messwerterfassungsprogramm wird anhand der Angaben deutlich, dass bei einige Schüler noch Unsicherheiten bestehen. Dies begründet sich sicherlich auf die z. T. sehr anspruchsvollen experimentellen Aufgabenstellungen, die im experimentellen Arbeiten auch zu verschiedenen Fehlversuchen führten, was die Schüler nicht gewöhnt waren. Dies war auch beim Beobachten der Gruppenarbeiten festzustellen. Die Schüler gehen oftmals mit einer positiven Erwartungshaltung an die Durchführung eines Experimentes heran. Doch nun mussten sie selbständig Versuchsdurchführungen planen, die gerade in den Arbeitsgruppen der Untersuchung der Wirkung des Enzyms Urease, die über die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit mittels digitaler Messwerterfassung bestimmt wurde, nicht immer zum Erfolg führte. Dies war für viele Schüler eine neue Erfahrung. Weiterhin wird deutlich, dass es weiterer solcher Experimente bedarf, um bei den Schülern wirklich eine Form von Sicherheit im Umgang mit dieser Technik zu erreichen.

In der Entwicklung der Fähigkeit eine PC-Präsentation zu erstellen, zeigen sich signifikant positive Unterschiede. Zum Messpunkt t 1 zeigten sich hier signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede in der Fähigkeitsausbildung (vgl. Abb. 8). Im Vergleich dazu ist vor allem bei den Mädchen zum Messpunkt t 2 ein deutlicher Kompetenzzuwachs messbar. In Abb. 9 wird diese Tatsache veranschaulicht.

Bestehende Unsicherheiten, die in Abb. 9 deutlich werden, sind ein Indiz dafür, dass es noch weiterer Übungsphasen bedarf, um sich im Umgang mit solchen Programmen sicherer zu fühlen.

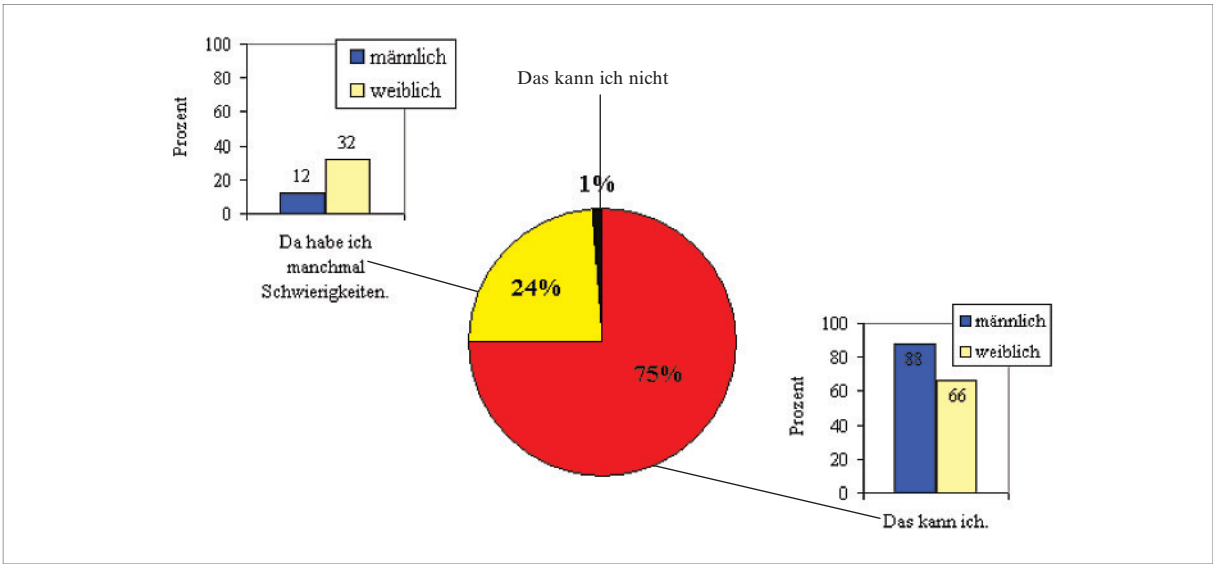
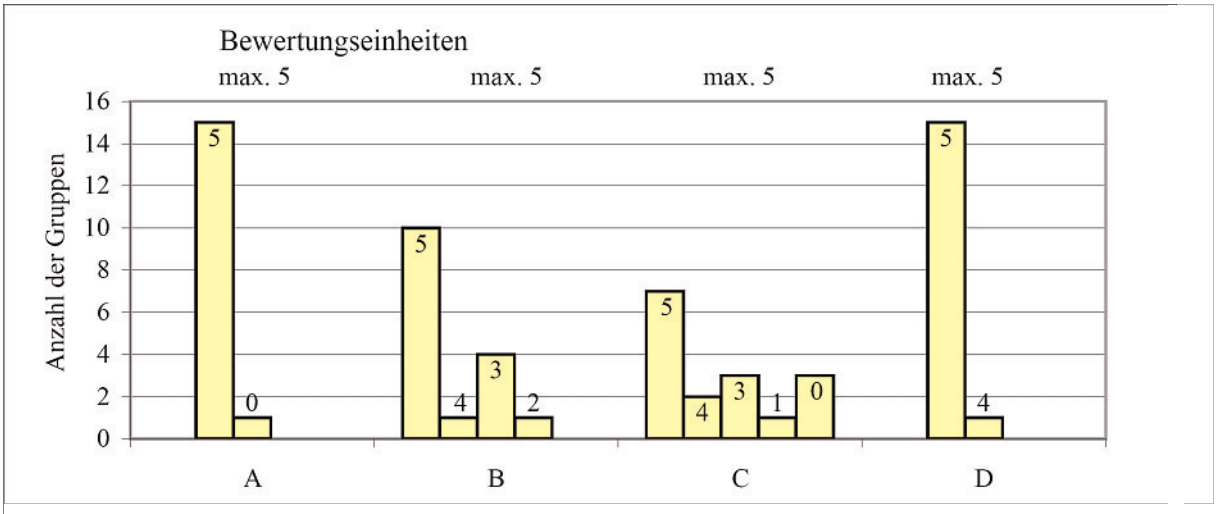


Abb. 9: Angaben zum Kompetenzbereich: Erstellen einer PC-Präsentation, unter Berücksichtigung des Geschlechts zum Zeitpunkt t 2.

Aussagen über die Qualität der Ergebnisse im Umgang mit den Neuen Medien und den entsprechenden Programmen werden in der Auswertung der PC-Präsentationen deutlich. Die in Abb. 10 vorgelegten Ergebnisse liefern konkretere Aussagen darüber.



A Einbau von Bildern, Fotos, Diagrammen und Videosequenzen
B Lesbarkeit der Inhalte (Schriftart, Schriftgröße, Farbkontraste)
C Motivierende Gestaltung
D Bedienung des Präsentationsprogramms

Abb. 10: Bewertung des methodischen Aspektes der PC-Präsentationen der 16 Schülergruppen.

Mittels des Erhebungsbogens 5 (vgl. Anhang A1-5) wurden die PC-Präsentationen auch hinsichtlich der Entwicklung der medientechnischen Kompetenzen bewertet. Hierbei wurden schwerpunktmäßig die geeignete Visualisierung und die Bedienung des Präsentationsprogramms von den Fachlehrern bewertet. Aus-

gangspunkt für die Entwicklung der PC-Präsentationen stellten die experimentellen Ergebnisse der 16 Schülergruppen (vier Gruppen pro Kurs) dar. Bewertet wurden neben dem fachlichen Aspekt auch der methodische Aspekt, welcher sich wiederum aufgliedert in einen medientechnischen Bezug und die Bewertung des Vortrags als solchen. An dieser Stelle werden nur die Ergebnisse der Bewertung des medientechnischen Bezuges aufgeführt und diskutiert.

Die Abb. 10 zeigt deutlich, dass sich alle Schülergruppen bis auf eine die Vorteile, die diese Form der Auswertung von Experimentergebnissen bieten kann, auch zu Nutze gemacht haben, indem sie Versuchsanordnungen, -durchführungen oder -ergebnisse in Form von digitalen Bildern und Diagrammen in die PC-Präsentation integriert haben. Die Bewertung der Kriteriums Lesbarkeit der Inhalte zeigt, dass es einigen Schülern an der Erfahrung fehlt, welche Schriftart bzw. Schriftgröße und welche Farbkombinationen geeignet sind, um eine optimale Lesbarkeit und Visualisierung zu ermöglichen, denn hier erreichten nur 10 Gruppen die maximalen Bewertungseinheiten. Häufig wurde versucht zu viel Textmenge auf eine Präsentationsseite zu bringen, wodurch die Schrift zu klein wurde, um ohne große Anstrengungen aufgenommen werden zu können. Weiterhin wählten einige Schülergruppen sehr dunkle Hintergrundfarben, wodurch die schwarze Schrift auch schlecht erkennbar wurde. Bezüglich der motivierenden Gestaltung der PC-Präsentation integrierten 7 von 16 Gruppen tolle Ideen, um die Aufmerksamkeit der Zuhörer und Zuschauer zu gewinnen, so wurden beispielsweise sehr gute Übersichten zu bestimmten Inhalten oder zu Beobachtungsergebnissen angefertigt, wodurch die Anschaulichkeit des Vortrages erhöht wurde. Andere wiederum arbeiteten mit verschiedenen Bildern, wodurch die eine oder andere Erklärung des Versuchsaufbaus oder der Beobachtungsergebnisse adäquat ersetzt werden konnte. Einigen Gruppen fehlte es diesbezüglich an der notwendigen Erfahrung bzw. auch an geeigneten Orientierungshilfen. Es wäre an diesem Punkt angebracht, die Schüler verstärkt über die wesentlichen Grundregeln des Visualisierens in Kenntnis zu setzen, wodurch einige der Präsentationen diesbezüglich sicherlich profitiert hätten. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass viele der Schüler, immerhin 28,8 % (vgl. Tab. 6) zuvor noch nie eine PC-Präsentation erstellt hatten und sicherlich zunächst einmal in die Erarbeitung der grundlegenden Arbeitsschritte viel Zeit investieren mussten.

Die Bedienung des Präsentationsprogramms bereitete den Schülern keine Probleme.

Zusammenfassend lassen die Ergebnisse der Einzeluntersuchungen den Schluss zu, dass Schüler dieser Altersstufe unter Berücksichtigung des Bildungsganges über grundlegende medientechnische Kompetenzen verfügen und in der Lage sind, diese auch im Zusammenhang mit biologisch relevanten Aufgabenstellungen anzuwenden. Der fachspezifische Einsatz des Computers als Messinstrument im Rahmen des Biologieunterrichtes und die damit verbundenen medientechnischen Kompetenzen konnten innerhalb der Unterrichtseinheit z. T. neu ausgebildet bzw. erweitert werden. Ein Kompetenzzuwachs wurde auch in den Bereichen der Internetrecherche, der Bearbeitung von digitalen Bilder, dem Erstellen von Diagrammen und der Erstellung von PC-Präsentationen erreicht, was in der Konsequenz für einen verstärkten Einsatz multimedialer Arbeitstechniken im Biologieunterricht spricht, im Sinne einer Ganzheitlichkeit in der Ausbildung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen.

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Einzeluntersuchungen zur Entwicklung der experimentellen Kompetenzen, die während und im Anschluss an die Unterrichtseinheit stattfanden, dargestellt und diskutiert.

3.4.2.2 Experimentelle Kompetenzentwicklung infolge der UE

Die Ermittlung der experimentellen Fähigkeiten der Schüler erfolgte ausschließlich anhand von selbständigen Schülerexperimenten, deren Anlage dem experimentellen Kompetenzniveau III entsprechen, d. h. selbständiges Planen, Vorbereiten, Durchführen und Auswerten der Experimente, um dadurch die gestellte Aufgabe oder das generierte Problem zu lösen bzw. eine aufgestellte Vermutung zu verifizieren.

In den vorangegangenen Phasen der Gruppenarbeit wurden zunächst mehrere Versuche durchgeführt, die zum einen der Einarbeitung in die jeweilige Problematik dienten und zum anderen mit einer schrittweisen Erhöhung des experimentellen Anspruchsniveaus verbunden waren, um aufbauend auf den Ergebnissen der Voruntersuchung (vgl. 3.4.1.2) die experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schüler weiter zu entwickeln und teilweise neu auszubilden.

Die selbständige praktische Schülerarbeit wurde von den entsprechenden Fachlehrern der einzelnen Biologiekurse anhand des Erhebungsbogens 4 (vgl. Anhang A1-4) eingeschätzt. Die Beobachtungsergebnisse werden in der folgenden Tab. 16 dargestellt und kommentiert. Der Erhebungsbogen 4 wurde so konzipiert, dass Beobachtungen möglichst schnell durch Ankreuzen entsprechender

Felder erfasst bzw. festgehalten werden können. Beurteilt wurden durch die Versuchsleiter die Qualität der selbständigen experimentellen Arbeit (selbständig/mit kleinen Hilfen/nur mit Hilfe) und die Art der Gruppenarbeit (gemeinsame Bearbeitung/nur einzelne Schüler der Gruppe/nur einer). Der Umgang mit dem Erhebungsbogen 4 wurde in mehreren Stunden zuvor getestet und entsprechend der Eignung und der Praktikabilität des Einsatzes überprüft. Dabei wurde als Kriterium für die Qualität der Ausführungen vereinbart, dass nur solche Hilfestellungen im Datensatz erfasst werden, die tatsächlich dem experimentellen Vorankommen dienen.

Neben der relativ festen Art der Einschätzung der experimentellen Gruppenarbeitsphasen durch den Erhebungsbogen 4 wurde den Versuchsleitern durch die Einführung des Punktes: Anmerkungen des Fachlehrers auch Raum für eigene

Tab. 16: Beurteilung des experimentellen Arbeitens der Schüler durch die unterrichtenden Lehrer (Angaben in %) – t 1

Notwendige Arbeitsschritte und die Qualität ihrer Ausführung

Arbeitsschritte	Qualität der Ausführung			Beteiligung der Schüler		
	selbständig	mit kleinen Hilfen	nur mit Hilfe	alle	nur einzelne	nur einer
Planung des Versuches						
1. Zielbestimmung	50	50		100		
2. Verfahrensplanung	68,8	31,2		100		
3. Zeitplanung	37,5	50	12,5	31,2	68,8	
4. Geräte- und Materialplanung	68,8	31,2		100		
Vorbereitung						
5. Bereitstellung fachlicher Informationen	68,8	31,2		12,5	87,5	
6. Vorbereitung des Protokolls	93,8	6,2		12,5	87,5	
7. Aufbau der Experimentieranordnung	81,3	18,2		25	75	
Durchführung						
8. Feinplanung der Arbeitsschritte	56,3	43,7		62,5	37,5	
9. Durchführung des Experimentes	100			31,3	68,8	
Auswertung						
10. Darstellung der Ergebnisse	87,5	12,5		25	75	
11. Interpretation der Ergebnisse	75	25		81,3	18,2	

Kommentare gegeben. Die Auswertungen dieser Kommentare erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt innerhalb dieses Abschnittes.

Eine differenziertere Analyse der experimentellen Fähigkeitsentwicklung kann durch die getrennte Analyse der Gruppen, die thematisch gleiche Experimente durchgeführt haben, getroffen werden. Insgesamt wurden von 16 Schülergruppen (vier pro Biologiekurs) die Daten erfasst. In jedem Kurs gab es jeweils eine Arbeitsgruppe zu folgenden Themen: Wirkung der Urease auf Harnstoff unter verschiedenen Bedingungen (Datenaufnahme erfolgte mittels computerunterstützter Messwerterfassung); Experimente mit Quark & Co (Untersuchung von Lebensmittelenzymen); Die Kartoffel und ihre Enzyme (Katalase); Wirkung von Schwermetall-Ionen auf keimende Kressesamen.

Die wesentlichen Aspekte werden in der folgenden Auswertung mit diskutiert. Eine detaillierte Aufstellung dieser Daten findet sich im Anhang (A3-4).

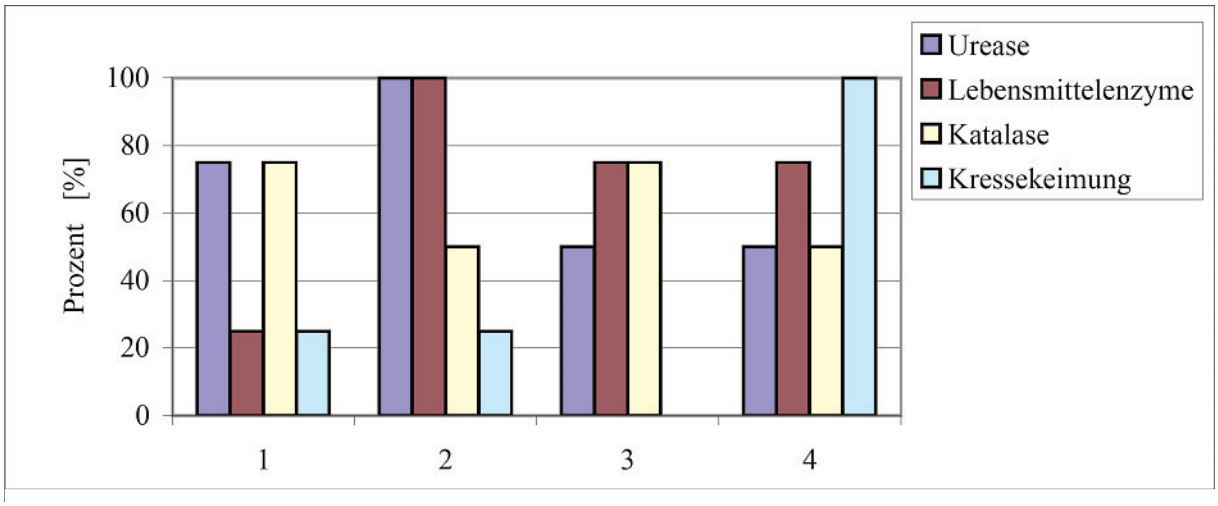
Im Folgenden werden die Ergebnisse entsprechend der experimentellen Phasen und den entsprechenden Tätigkeitsfeldern getrennt diskutiert. Hierzu werden die Ergebnisse der thematisch unterschiedlichen Gruppen getrennt betrachtet. Dies ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der experimentellen Leistungen. In den Abbildungen 11–14 werden jeweils die Ergebnisse der 4 themengleichen Gruppen bezüglich der Selbständigkeit in der Ausführung der einzelnen Experimentphasen zusammengefasst dargestellt.

a) Planung des Versuches

Zielbestimmung

In dieser Phase des Experimentes erfolgt die Formulierung eines oder mehrerer konkreter Experimentziele. Dieser Prozess ist für das weitere erfolgreiche Experimentieren von entscheidender Bedeutung und setzt sowohl grundlegende fachwissenschaftliche Inhalte bezüglich des zu untersuchenden Sachverhaltes, als auch eine Analyse der Ausgangssituation voraus. In dieser Phase formulieren die Schüler offene Fragen oder das konkrete Problem und versuchen, die dem zu klärenden Sachverhalt zugrunde liegenden Inhalte mit bereits Bekanntem zu verknüpfen. Genau das fällt den Schülern meist nicht leicht, zumal es in der Praxis eher der Lehrende ist, der Unterrichtsziele, Experimentziele, Problem- oder Aufgabenstellungen formuliert.

Diese Tatsache bestätigt sich auch in dieser Untersuchung. Nur 50 % der Schülergruppen schafften dies ohne die Hilfe des Lehrers. Die anderen 50 % der



1 Zielbestimmung **2** Verfahrensplanung
3 Zeitplanung **4** Geräte- und Materialplanung

Abb. 11: Ergebnisse der selbständigen Ausführung der Tätigkeiten in der Planungsphase des Versuches.

Schülergruppen benötigten für die Zielbestimmung Hilfe in Form von Impulsen, Denkanstößen.

Anhand der Abb. 11 wird deutlich, dass vor allem die Arbeitsgruppen, welche die Enzyme in verschiedenen Lebensmitteln und die Bedingungen zur Keimung von Kressesamen und die Auswirkungen von Schwermetall-Ionen auf diesen Prozess zu untersuchen hatten, für die Formulierung der konkreten Zielstellung Hilfe benötigten. Dies war bezüglich der Kressekeimung zu erwarten, denn im Gegensatz zu den anderen Themen erschließt sich hier der Zusammenhang zur Enzymatik nicht sofort. Zunächst mussten die Schüler die Thematik soweit gedanklich durchdringen, dass ihnen deutlich wurde, unter welchen Bedingungen Pflanzensamen überhaupt keimen, welche Rolle die Enzyme bei der Keimung von Pflanzen spielen, z. B. die Bedeutung des Wassers unter anderem zur enzymatisch gesteuerten hydrolytischen Spaltung von Speicherstärke, um dann die Rolle der Schwermetall-Ionen zu verstehen.

Die Schülergruppen, welche die Wirkung verschiedener Lebensmittelenzyme untersuchten, mussten sich zunächst auch inhaltlich intensiver mit der Thematik auseinandersetzen, da sie die Wirkungsweise und Beeinflussbarkeit von unterschiedlichen Enzymen, wie beispielsweise Amylase, Pepsin und Actinidin untersuchten.

Bezüglich der Verfahrensplanung zeigen die Ergebnisse, dass nach erfolgreicher Zielorientierung, die Schüler in der Lage sind, den Versuch selbständig zu planen, dass aber auch hier z. T. kleinere Hilfestellungen seitens des Lehrers notwendig werden.

Der Grund für die umfangreicheren Hilfestellungen bei der Zeitplanung ist vor allem mangelnde Erfahrung. Gerade bei Versuchen, wo Substanzen im Trockenschrank erhitzt oder im Kühlschrank temperiert werden müssen, fehlt es den Schülern einfach an der notwendigen Erfahrung und deshalb ist es auch verständlich, dass einige Gruppen hier ohne die Hinweise der Lehrkraft den zeitlichen Rahmen des Experimentes nicht abschätzen können. Ebenso verhält es sich mit den Experimenten zur Keimung. Bei zwei Gruppen war die Planung nur durch die Hilfestellung der Lehrkraft machbar.

Die Notwendigkeit der zeitlichen Planung des Versuches schien einigen Gruppen nicht vordergründig. Bei fast 70 % der Gruppen beschäftigten sich nur einzelne Schüler damit, während sich die anderen Schüler den eher praktisch orientierteren Aufgaben widmeten.

In allen anderen Bereichen der Versuchsplanung beteiligten sich alle Schüler der Gruppe gemeinsam an der Bearbeitung der entsprechenden Aufgabenstellungen.

In der Tatsache, dass 68,8 % der Schülergruppen die Material- und Geräteplanung komplett selbständig ausführen konnten, bestätigt sich auch das Ergebnis der Voruntersuchung, in dem aufgezeigt werden konnte, dass die Gerätekenntnisse der Schüler der Sekundarstufe II vielfach schon sehr gut ausgebildet sind. Die hierbei benötigten Hilfestellungen, beschränkten sich häufig vor allem auf die Versuche, in denen eine computerunterstützte Messwerterfassung durchgeführt wurde. Hier lag die Ursache im Neuigkeitscharakter dieser experimentellen Methode begründet.

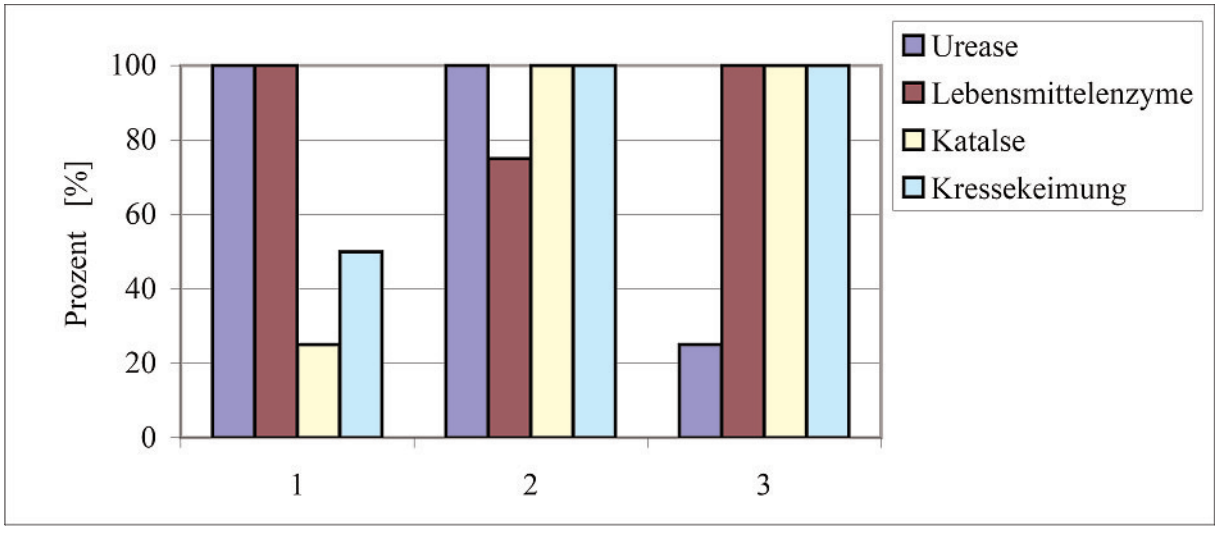
b) Vorbereitung

In dieser Phase wird anhand der Ergebnisse (Tab. 16) deutlich, dass sich jetzt kaum noch alle Schüler der Gruppe gemeinsam an einem Arbeitsschritt beteiligten. Dies ist hier auch im Sinne einer Arbeitsteilung sinnvoll und zeugt auch von einer durchdachten Zeitplanung. Jetzt können die Schüler entsprechend ihrer Präferenzen wählen, ob sie eher die Bereitstellung der fachlichen Informationen, die Vorbereitung des Protokolls oder der praktisch orientierte Experimentaufbau dem Gruppenziel näher bringt. Bei weniger umfangreichen Experimenten ist eine solche Arbeitsteilung nicht immer notwendig. Bei jüngeren Schülergruppen wäre hier eine gemeinsame Weiterarbeit sinnvoller, da durch das gemeinschaftliche Vorgehen eher Sicherheit im Umgang mit Geräten, Materialien und Chemikalien, sowie in der Übung der Protokollführung aufgebaut werden kann.

Bezüglich der Protokollvorbereitung zeigt sich, dass 93,8 % der Gruppen dies ohne Hilfestellungen bewältigten, was auf eine gute Ausbildungen dieser Fähigkeit schließen lässt. An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass alle Schüler neben dem Biologieunterricht bereits ab der Klassenstufe 6 im Physikunterricht und ab der Klassenstufe 7 im Chemieunterricht fachübergreifend mit dieser Arbeitsweise vertraut gemacht wurden.

Dies bestätigt sich auch, wenn man die Daten der einzelnen thematisch gleichen Gruppen in die Betrachtungen einbezieht. Bezüglich des Experimentaufbaus zeigt sich, dass alle Gruppen bis auf die, welche die Ureasewirkung ausschließlich mittels computerunterstützter Messwerterfassung untersuchten, welches eine neue Arbeitsmethode darstellt, zu 100 % selbständig arbeiteten (vgl. Abb. 11).

Das Zusammentragen der fachlichen Informationen bereitete einigen Gruppen, welche die Wirkung der Katalse und deren Abhängigkeit von verschiedenen äußeren Faktoren untersuchten, Schwierigkeiten. Den schriftlich festgehaltenen Kommentaren der Versuchsleiter der betreffenden Gruppen war zu entnehmen, dass sich die Hilfestellungen einerseits auf Verständnisfragen bezogen und andererseits die Schüler Hilfe beim Ordnen der Informationen, die sie größtenteils durch die Internetrecherche zusammengetragen hatten, benötigten (vgl. Abb. 12).

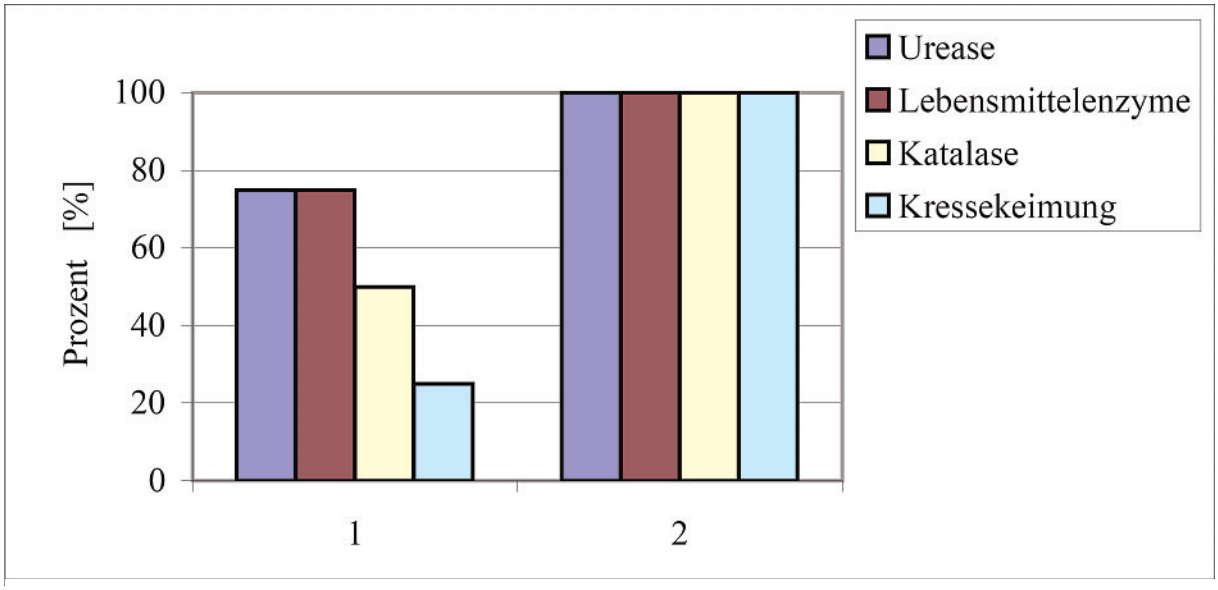


1 Bereitstellung fachlicher Informationen
2 Vorbereitung des Protokolls
3 Aufbau der Experimentieranordnung

Abb. 12: Ergebnisse der selbständigen Ausführung der Tätigkeiten in der Vorbereitungsphase des Versuches.

c) Durchführung

Bezüglich der Feinplanung der Arbeitsschritte, sonst oft in Form einer konkreten Arbeitsanweisung oder einer Experimentieranleitung vorgegeben, zeigen die Ergebnisse (Abb. 13), dass die Schüler diesbezüglich teilweise selbständig arbeiten können, dass aber dennoch Hilfestellungen notwendig waren. Beispielsweise zeigte sich die mangelnde Erfahrung bei der Gruppe mit den Keimungsversuchen darin, dass die Notwendigkeit des Ansatzes einer Kontrollprobe, in der die generelle Keimfähigkeit der Samen unter optimalen Bedingungen untersucht wird, den Schülern nicht klar war.



1 Feinplanung der Arbeitsschritte
2 Durchführung des Experimentes

Abb. 13: Ergebnisse der selbständigen Ausführung der Tätigkeiten in der Durchführungsphase des Versuches.

Die praktische Durchführung des Experimentes erfolgte bei allen Schülergruppen selbständig, was sicherlich auch dadurch möglich war, dass die Schüler sich bei dem vorrangegangenen Arbeitsschritt durch die gestellten Rückfragen die notwendige Sicherheit geholt haben. Es ist auch ein Indiz dafür, dass sich eine sorgfältige Vorbereitung eines Schülerexperimentes, bei dem die Schüler die einzelnen Arbeitsschritte bewusst mitgestalten und mitbestimmen, positiv auf die Durchführung des Experimentes auswirkt.

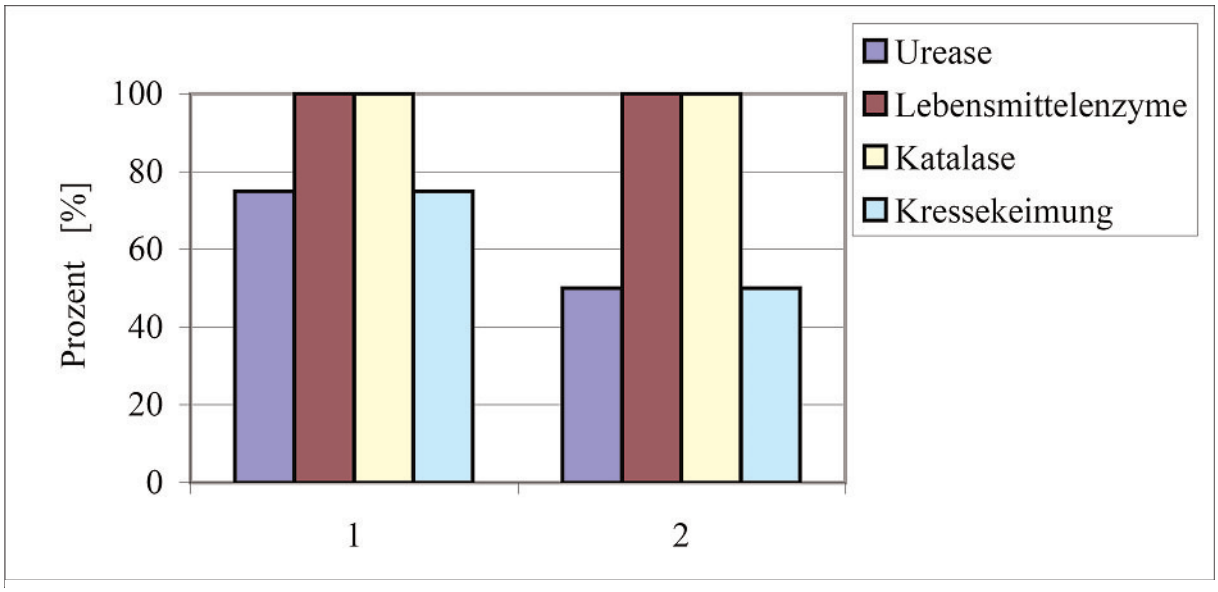
Weniger positiv ist dabei die Tatsache, dass bei 68,8 % der Schülergruppen nur einzelne Schüler der Gruppe an der Durchführung des Versuches beteiligt waren. Sicherlich gibt es zum Teil verfahrenstechnische Gründe, wie das Erhitzen über der Brennerflamme, was nur von einem oder wenigen Schülern durchgeführt wer-

den kann, aber dennoch scheint die Zahl derer, die an dem eigentlich „spannenden“ Teil des Versuches nicht aktiv beteiligt sind sehr hoch. Dies wurde auch in der Auswertung mit den einzelnen Gruppen besprochen, um die Ursachen dafür herauszufinden. Hierbei wurde deutlich, dass ein Teil der Schüler noch immer mit der Protokollführung oder mit der Eingabe von Daten beschäftigt war. Gemeinsam mit den Lehrern wurden anschließend Wege aufgezeigt diesbezüglich effizienter zu arbeiten, um so allen die Möglichkeit zu geben, aktiv Handelnd oder Beobachtend an der Durchführung des Experimentes teilhaben zu können. Inwieweit dies in den folgenden Experimenten umgesetzt werden konnte, wird in der Auswertung des Daten zum Messzeitpunkt t 2 (vgl. 3.4.3) ermittelt werden können.

d) Auswertung

Die Auswertung eines Schülerexperimentes gliedert sich meist in die Darstellung der Ergebnisse und deren Interpretation im Zusammenhang mit der eingangs formulierten Frage- oder Problemstellung. An dem Grad der Selbständigkeit mit der die Schüler diesen Teil des Experimentes bewältigen, zeigt sich meiner Meinung nach vor allem bei Experimenten des Kompetenzniveaus III, inwieweit die Schüler das fachwissenschaftliche Hintergrundwissen, die Ausgangssituation, den Versuchsansatz und kurzum den Sinn des Versuches verinnerlicht haben, um nun sachlogische Schlussfolgerungen aus den Versuchsergebnissen formulieren zu können. Dies ist bei einem Großteil der Schülergruppen der Untersuchungsreihe auch der Fall (Tab. 16). Denn 87,5 % waren in der Lage ohne Hilfestellungen des Lehrers ihre Versuchsergebnisse darzustellen und 75 % der Gruppen gelang es, diese auch ohne Hilfestellungen zu interpretieren. Es wird anhand der zweiten erfassten Datengruppe aber auch deutlich, dass an der Darstellung der Ergebnisse vorrangig nur einzelne Schüler beteiligt waren, was sicherlich auch auf die Nutzung des Computers, an dem nur eine begrenzte Anzahl von Schülern gleichzeitig arbeiten kann, begründet ist. Erfreulich ist hingegen, dass bei über 80 % der Gruppen alle Schüler gemeinsam an der Interpretation der erfassten Daten beteiligt waren (Tab. 16).

Anhand der Abb. 14 ist erkennbar, dass vor allem die Gruppen Hilfestellungen seitens der unterrichtenden Lehrerinnen und Lehrer benötigten, deren erfasste Daten einer graphischen Darstellung bedurften, wie z. B. die Wachstumskurven der Kressekeimlinge oder die Darstellung der durch computerunterstützter Messwerterfassung entstandenen Abbildungen, was für Schüler sehr anspruchsvolle Formen der Auswertung sind.



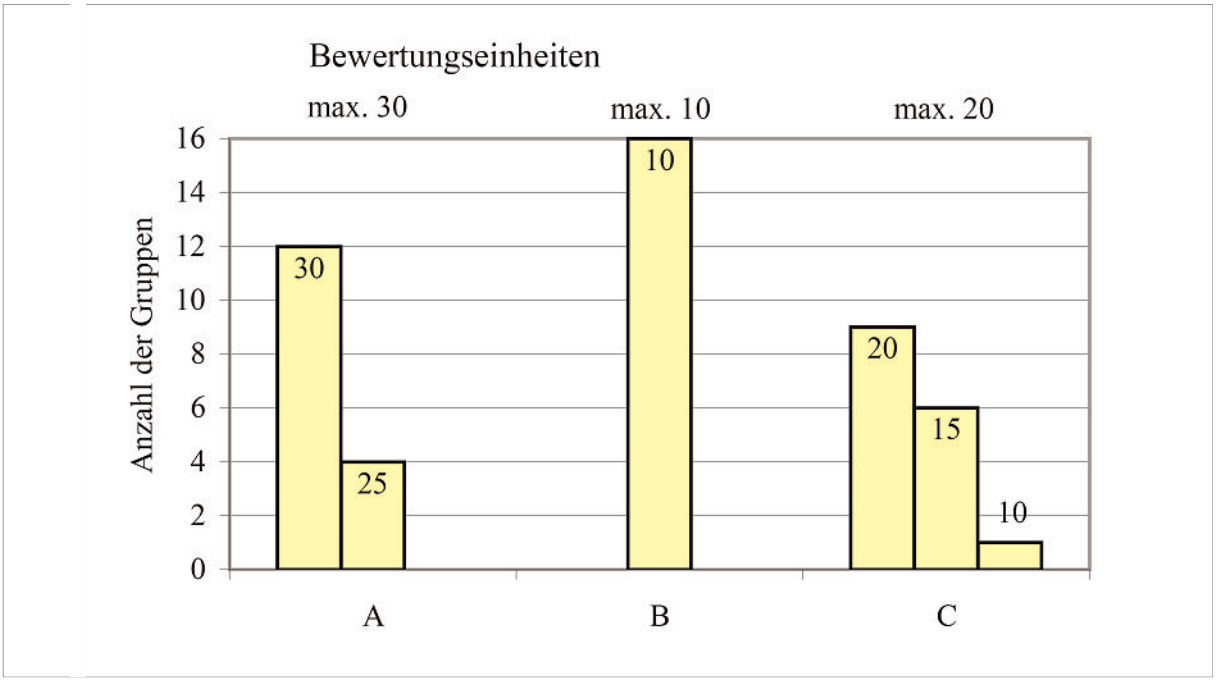
1 Darstellung der Ergebnisse
2 Interpretation der Ergebnisse

Abb. 14: Ergebnisse der selbständigen Ausführung der Tätigkeiten in der Auswertungsphase des Versuches.

Zusammenfassend kann geschlussfolgert werden, dass die Schüler aufgrund der vorbereitenden experimentellen Unterrichtseinheit und mit Hilfe der bereits vorhandenen grundlegenden experimentellen Kompetenzen in der Lage waren, die Schülerexperimente, die entsprechend des Kompetenzniveaus III konzipiert waren, im überwiegenden Teil der experimentellen Phasen selbständig zu planen, vorzubereiten, durchzuführen und auszuwerten.

Ein weiteres Indiz für die Qualität des experimentellen Arbeitens stellen die von den Schülergruppen angefertigten PC-Präsentationen dar, die sowohl die fachwissenschaftlichen Grundlagenkenntnisse zur jeweiligen Thematik, als auch die Versuchsprotokolle, mit der Darstellung und Interpretation der Experimentergebnisse enthalten.

Anhand des von mir erstellten Auswertungsbogens (vgl. Anhang A1-5), wurden die PC-Präsentationen grundlegend nach drei Aspekten: fachwissenschaftlicher Aspekt (vgl. Abb. 15), methodischer Aspekt bezogen auf die Medientechnik (vgl. Abb. 10) und auf den Vortrag bewertet. Wobei die einzelnen Bereiche jeweils nochmals untergliedert sind und auch die Gewichtung der einzelnen Bereich untereinander variiert. Dem fachwissenschaftlichen Aspekt wurde hier mit 60 % die höchste Gewichtung zuteil. Insgesamt wurden auf diese Weise 16 PC-Präsentationen bewertet. An dieser Stelle wird der fachliche Aspekt der Bewertungen diskutieren, denn im Hinblick darauf, dass hier unter dem fachlichen Bereich vor allem die Darstellung und Interpretation der Experimente und deren



A Vollständigkeit der fachlichen Inhalte im Rahmen der Aufgabenstellung
B Der Lerngruppe und der Altersstufe angemessene Präsentation der Inhalte
C Fachwissenschaftliche Richtigkeit der präsentierten Inhalte

Abb. 15: Bewertung des fachlichen Aspektes der PC-Präsentationen.

Ergebnisse zu verstehen ist, kann die Bewertung dieses Aspektes durchaus auch als ein Kriterium der experimentellen Fähigkeitsentwicklung gesehen werden.

Die meist guten bis sehr guten Bewertungen der Fachkollegen bezüglich des fachwissenschaftlichen Aspektes der Schülerpräsentationen zeigen, dass es den Schülern in vielen Bereichen des selbständigen experimentellen Arbeitens gelungen ist, zu interpretationsfähigen Ergebnissen zu gelangen und diese meist in einer fachlich korrekten und der Lerngruppe angemessenen Form zu präsentieren. Die vereinzelten Punktabzüge im Bereich der fachlichen Richtigkeit der präsentierten Inhalte resultieren unter anderem aus Fehlern in der Verwendung von Begriffen: z. B. statt Salzlösung wurde Salzsäure verwendet, oder aus der Tatsache heraus, dass theoretisch richtige Schlussfolgerungen gezogen wurden, aber die entsprechenden Beobachtungsergebnisse diese nicht zugelassen hätten.

Diese Fehler resultieren sicherlich aus der weitgehend selbständigen Bearbeitung der Aufgaben, wodurch auch keine ständige Kontrolle durch den Fachlehrer erfolgte, wie beispielsweise in einem frontal angelegten Unterricht oder in einem durch straffe und enge Führung bestimmten Schülerexperiment. Für die Zukunft sollte überlegt werden, ob eine Art Zwischenbericht gemeinsam mit dem Unterrichtenden angebracht wäre, um auch diesbezüglich rechtzeitig auf solche Fehler hinweisen zu können.

In vielen Präsentationen wurden die Versuche in Form von Kurzprotokollen eingebaut, so dass auch die anderen Gruppen erkennen konnten, welche Vorüberlegungen gemacht wurden, welche Vorgehensweise daraus resultierte und inwieweit die Experimentergebnisse interpretiert wurden. Dies bestätigt auch die Eignung dieses Erhebungsbogens als eine Möglichkeit die experimentellen Fähigkeiten, vor allem in der gedanklichen Durchdringung von Experimenten und der theoretischen Verarbeitung der Experimentergebnisse zu beurteilen. Generell lässt sich sagen, dass die Qualität der Protokolle den Anforderungen bei einem Großteil der Gruppen in vollem Maß entsprechen. Die Gliederung in Aufgabenstellung, z. T. Vorüberlegungen, Geräte- und Materialien; Chemikalien, Beobachtung und Auswertung wurden in jedem Fall berücksichtigt und auch entsprechend den theoretischen Vorgaben richtig verwendet.

Die Fachkollegen wiesen darauf hin, dass teilweise während der Präsentationen die Schüler untereinander z. B. über andere Varianten der Durchführung oder die Interpretation der Ergebnisse diskutierten.

Aufgrund der Tatsache, dass jeweils zwei der vier Experimente entsprechend der experimentellen Kompetenzniveaus III bearbeitet wurden, zeigen die in den PC-Präsentationen dargestellten Protokolle und die daraus resultierenden fachlichen Zusammenhänge, dass die Schüler in der Lage waren, diesem Anspruchsniveau gerecht zu werden.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse einen deutlichen Kompetenzzuwachs der Schüler im experimentellen Bereich, der sich vor allem in den experimentellen Phasen der eigenständigen Formulierung von Experimentzielen aus den entsprechenden fachlichen Problemstellungen oder Vermutungen, dem Planen geeigneter Handlungsabläufe und dem Darstellen und Interpretieren von Ergebnissen zeigt. Sie sind in der Lage die erworbenen bzw. erweiterten Denk- und Arbeitsformen nach der Phase der Einübung selbständig und flexibel einzusetzen und anzuwenden.

Eine Auswahl der von den Schülergruppen angefertigten PC-Präsentationen findet sich im Anhang (A 4-1 bis A 4-4).

Im weiteren Verlauf der empirischen Untersuchungen erfolgte eine kognitive Leistungsmessung, die Aufschluss darüber geben sollte, welche Auswirkungen die verstärkte Beachtung der experimentellen und medientechnischen Kompetenzen auf den Grad der Kenntnisgewinnung hat. Die Ergebnisse werden im folgenden Abschnitt präsentiert und diskutiert.

3.4.2.3 Kognitive Leistungsmessung

Die Beurteilung der Qualität bzw. Eignung der Unterrichtseinheit bedingt neben der Untersuchung der Entwicklung der Fähigkeiten und Fertigkeit im medientechnischen und experimentellen Bereich auch die Überprüfung der kognitiven Kenntnisse der Schüler. Demzufolge wurde vom Versuchsleiter ein Leistungstest im freien Antwortformat (vgl. Anhang A1-7) erarbeitet. Hierbei wurden die Aufgabenstellungen so gewählt, dass Leistungen entsprechend der drei Anforderungsbereiche erbracht werden können.

Reproduktive Leistungen müssen in der Aufgabe 1, welche die Erläuterung der biologischen Struktur und der Wirkungsweise der Enzyme umfasst, erfüllt werden. Leistungen der Reorganisation sind von den Schüler durch die Aufgabenstellung 2 zu erbringen, indem die Kenntnisse zur Abhängigkeit der Enzymwirkung von der Temperatur und dem pH-Wert auf ein neues Beispiel anzuwenden sind. Parallel dazu wird die Umsetzung der in der Tabelle enthaltenen Versuchsergebnisse in die Fachsprache verlangt. Der erste Teil der Aufgabenstellung 3 entspricht auch diesem Anforderungsbereich, indem durch die Auswertung der Graphen bekannte Sachverhalte der Enzymhemmung angewendet werden müssen. Problemlösendes Denken wird durch den zweiten Teil der Aufgabestellung 3 impliziert. Die Schüler müssen eine begründete Vermutung bezüglich der Wirkung einer bestimmten Substanz auf eine Enzymreaktion aufstellen.

Des Weiteren wurden durch die Aufgaben des Leistungstests alle laut Rahmenrichtlinien des Landes Sachsen-Anhalt vorgegebenen verbindlichen Lerninhalte dieser Thematik berücksichtigt. Demzufolge umfasste der Test sowohl grundlegende Kenntnisse zum Bau und zur Wirkungsweise von Enzymen als auch Anwendungsaufgaben zur Abhängigkeit der Enzymwirkung von verschiedenen Faktoren und Aspekte der verschiedenen Formen der Enzymhemmung.

Die Verteilung der erreichten Notenpunkte der Leistungsmessung sind im Vergleich zu den Notenpunkten von drei Kurshalbjahren in Abb. 16 dargestellt.

Die im Leistungstest erreichten Notenpunkte wurden mittels des T-Tests mit den Mittelwerten von drei Kurshalbjahresleistungen verglichen, um zu überprüfen, ob die während der Unterrichtseinheit erworbenen Kenntnisse dem Leistungsvermögen der Schüler entsprechen und ob signifikanten Veränderungen feststellbar sind.

Da der T-Test nur anwendbar ist, wenn eine Normalverteilung der Stichproben vorliegt, erfolgte zunächst eine Überprüfung auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnow-Anpassungstest). Sowohl die Ergebnisse des Leistungstest, als

auch die Notenpunkte der drei Kurshalbjahre weisen eine Normalverteilung auf (vgl. Tab. 17).

Ein Vergleich mit den Testnoten einer Kontrollgruppe wäre an dieser Stelle ebenfalls denkbar gewesen. Doch in diesem Kontext war es mir wichtig zu erfahren, inwieweit die einzelnen Schüler im Rahmen ihres Leistungsvermögens diesen Leistungstest bewältigen. Denn erfahrungsgemäß zeigen sich vor allem im Kurssystem zwischen den einzelnen Kursen auch stark differierende Leistungen. Eine Ursache dafür ist die Zusammensetzung der Kurse, die unter anderem auch von den weiteren gewählten Kursen abhängt. So gibt es Biologiekurse in denen

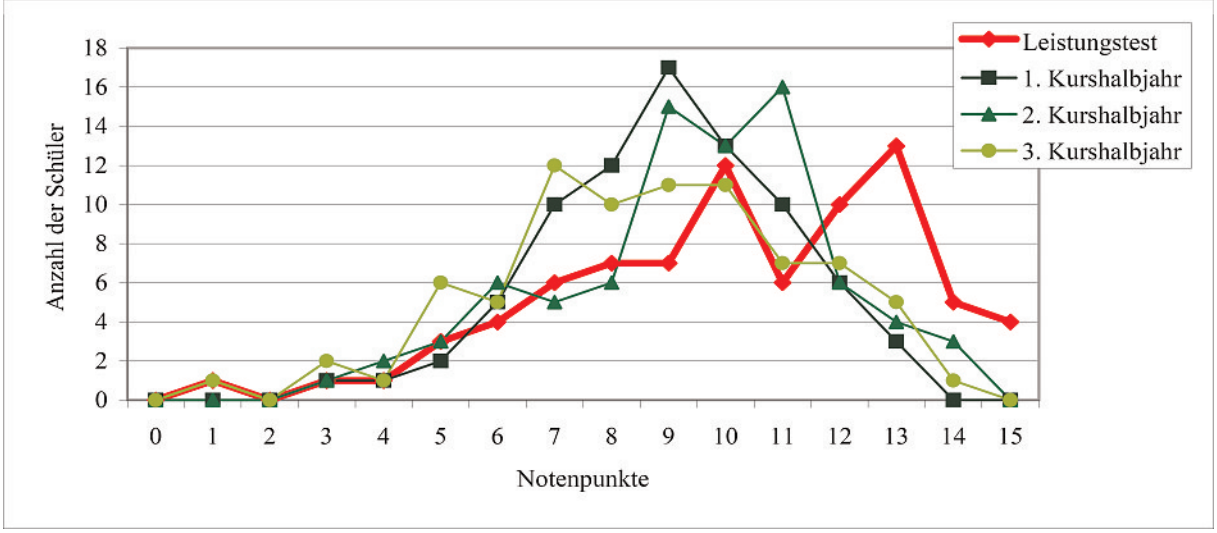


Abb. 16: Ergebnisse des Leistungstest im Vergleich zu drei Kurshalbjahresleistungen.

Tab. 17: Überprüfung der Kurshalbjahresleistungen und der Ergebnisse des Leistungstest auf Normalverteilung

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

	N. t 1	N. t 2	N. t 3	N. E
N	80	80	79	80
Parameter der Normalverteilung (a, b)				
Mittelwert	8,96	9,40	8,66	10,16
Standardabweichung	2,089	2,442	2,674	3,050
Extremste Differenzen				
Absolut	0,120	0,147	0,084	0,127
Positiv	0,093	0,094	0,074	0,064
Negativ	–0,120	–0,147	–0,084	–0,127
Kolmogorov-Smirnov-Z	1,070	1,319	0,751	1,132
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,202	0,062	0,626	0,154

a Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung. b Aus den Daten berechnet.

N. t 1 – Leistungen des 1. KHJ N. t 3 – Leistungen des 3. KHJ

N. t 2 – Leistungen des 2. KHJ N. E – Leistungstest

fast alle Schüler weitere naturwissenschaftliche Fächer (Chemie und/oder Physik) belegen, bei anderen Biologiekursen ist dieses Fach das einzige naturwissenschaftliche Fach neben der verpflichtend zu belegenden Mathematik.

Des Weiteren lässt diese Art des Vergleiches auch eher Schlussfolgerungen bezüglich einer eventuellen Überforderung leistungsschwächerer Schüler zu. Die aufgrund der hohen Komplexität und die weitgehend selbständige und selbsttätige Form der Erarbeitung der Lerninhalte denkbar wäre (vgl. Tab. 18 und 19).

Tab. 18: Vergleich der Mittelwerte der Notenpunkte von 3 Kurshalbjahresleistungen und dem Leistungstest

	1. KHJ	2. KHJ	3. KHJ	Test
Anzahl				
Gültig	80	80	79	80
Fehlend	0	0	1	0
Mittelwert	8,96	9,40	8,66	10,16

Tab. 19: Ergebnisse des T-Test's bei gepaarten Stichproben

		Anzahl	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	1. KHJ & Test	80	0,762	0,000
Paaren 2	2. KHJ & Test	80	0,899	0,000
Paaren 3	3. KHJ & Test	79	0,747	0,000

Die Ergebnisse des Vergleiches der Mittelwerte der Notenpunkte der drei Kurshalbjahresleistungen und des Leistungstestes zeigen deutlich, dass die Schüler im Rahmen ihres Leistungsbildes die Kenntnisse zur Thematik reproduzieren und in neuen Zusammenhängen transferieren können. Der T-Test zeigt, dass sie sogar signifikant bessere Leistungen im Test erzielt haben als im Durchschnitt der anderen drei Kurshalbjahre. Dies muss aber relativ betrachtet werden, da sich Kurshalbjahresnoten nicht nur aus Testnoten, sondern auch aus weiteren Noten im mündlichen Bereich (Protokolle, mikroskopische Zeichnungen, Mitarbeit Schülervorträge u. a.) sowie mit einer Gewichtung von 40 % der Klausurnoten zusammensetzen. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass im Vergleich zu Klausuren hier nur ein geringer Teilbereich der Lerninhalte überprüft wird. Dennoch zeigt sich, dass die Leistungen im zweiten Kurshalbjahr, in dem die Unterrichtseinheit auch stattfand, signifikant besser sind, als in den beiden anderen Kurshalbjahren. Hier bedarf es weiterer empirischer Untersuchungen um zu klären, inwieweit vielleicht auch die Anwendung der Neuen Medien, die weitgehend

selbständige Erarbeitung der Lerninhalte, unter anderem auch durch die umfangreiche Einbeziehung komplexer experimenteller Problemstellungen und kreativer experimenteller Lösungswege einen positiven Lerneffekt bewirkte bzw. einen motivationalen Schub geben konnte. Vielleicht besteht aber auch nur ein höheres Interesse der Schüler an der Bearbeitung dieser Thematik. Dies zu klären ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Zusammenfassend kann aber ausgesagt werden, dass die verstärkte Beachtung der Vermittlung experimenteller und medientechnischer Kompetenzen keine negativen Auswirkungen auf den Grad der Kenntnisgewinnung hatte. Unter Beachtung der erläuterten Bedingungen lässt sich eher eine positive Tendenz bezüglich der Erkenntnisgewinnung feststellen. Ursache hierfür könnte sogar die verstärkte Beachtung der Ausbildung des experimentellen Kompetenzniveaus III darstellen, denn diese Art des Experimentierens setzt eine intensive Auseinandersetzung mit fachlichen Inhalten voraus und fördert gleichzeitig das problemlösende Denken.

3.4.3 Nachuntersuchung

Wichtig für die Beurteilung der Eignung der Unterrichtseinheit bezüglich der Ausbildung experimenteller Kompetenzen ist neben der bereits dargestellten Auswertung der praktischen Schülerarbeit und der daraus hervorgegangenen Ergebnisse der PC-Präsentationen, auch die Klärung der Frage, inwieweit diese z. T. erweiterten und neu entwickelten experimentellen Fähigkeiten 8 Wochen nach der Unterrichtseinheit in einem neuen fachwissenschaftlichen Kontext und auf dem Kompetenzniveau III angewendet werden können und wie hoch hier der Grad der Selbständigkeit ist. Einige didaktische Untersuchungen weisen darauf hin, dass experimentell gewonnene Kenntnisse und Fähigkeiten, weil sie aus einer intensiven Auseinandersetzung mit den Gegenständen resultieren, besonders lange im Gedächtnis bleiben (vgl. Kasbohm 1973 b; 1975; 1978; Killermann 1996; Klautke 1997).

Das zur Überprüfung der Behaltensleistungen der experimentellen Fähigkeiten eingesetzte Schülerexperiment: Nachweis der Wärmeabgabe keimender Erbsensamen kann zur Behandlung der Vorgänge der Dissimilation eingesetzt werden. Es kann in verschiedenen Phasen dieser Thematik eingebaut werden, z. B. als einführendes Experiment, zur Erarbeitung der Inhalte oder auch zur Festigung und Anwendung der erworbenen Kenntnisse, zu den für Schüler doch sehr

komplexen und anspruchsvollen Vorgängen der Dissimilation, die grundlegende Vorgänge der Stärkespaltung, der Glykolyse, des Citronensaäurezyklusses und der oxidatitven Phosphorylierung umfassen. Aus der Intention heraus, anhand dieses Versuches vor allem die experimentellen Kompetenzen zu testen, wurde in Absprache mit den Versuchsleitern dieses Experiment als Bestätigungsexperiment eingesetzt. Dies hat vor allem den Hintergrund, dass ein Scheitern des Versuches durch mangelndes Verständnis der Vorgänge der Dissimilation von Speicherstoffen, was in der Phase der Einführung und Behandlung dieser Thematik durchaus denkbar wäre, vermieden werden sollte.

Ein hohes Maß an Verständnis für die ablaufenden Vorgänge in den keimenden Erbsensamen ist dennoch notwendig, um die Ergebnisse auch richtig zu interpretieren. Anspruchvoll ist der Versuch auch deshalb, weil es sich hierbei um ein Langzeitexperiment handelt, bei dem die Daten mittels computerunterstützter Messwerterfassung aufgenommen werden. In der Phase der Planung haben die Schüler eine Reihe von Fragen bezüglich der Dauer des Versuches, der Anzahl von Messwerten, die bei einem Versuch über 24 h wohl überlegt sein müssen, der Abschirmung der Versuchsapparatur von äußeren Einflüssen, z. B. Temperaturabgabe an die Umgebung zu klären. Sind all diese Fragen geklärt, dürften die Phasen der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung des Experimentes von den Schülern weitgehend selbständig bearbeitet werden können, da sowohl die fachlichen Grundlagenkenntnisse vorhanden sein sollten und die zur Durchführung dieses Experimentes notwendigen Arbeitsschritte, in der vorangegangenen Unterrichtseinheit an anderen Schülerexperimenten eingeübt wurden.

Im Gegensatz zum bisherigen Verfahren arbeiteten nun alle Gruppen arbeitsgleich. Die Datenerhebung fand durch den erneuten Einsatz des Erhebungsbogens 4 (vgl. Anhang A1-4) statt. Eine Übersicht der erfassten Daten findet sich in Tabelle 20. Auf Besonderheiten wird im Folgenden näher eingegangen.

Das hohe Anspruchsniveau in der Phase der Planung des Experimentes und die mangelnde Erfahrung der Schüler bezüglich der Durchführung von Langzeitexperimenten machten teilweise die Hilfestellung der Versuchsleiter notwendig. Wobei der Anteil der Gruppen die diese in Anspruch genommen haben, doch erstaunlich gering ist. Nur 3 von 16 Gruppen benötigten Hilfe bei der Zielbestimmung, nur eine bei der Verfahrensplanung und 6 der 16 Gruppen bei der Zeitplanung. Dies könnte auch ein Ausdruck dafür sein, dass die Schüler nicht nur sicherer im Umgang mit den Geräten und dem Computer sind, sondern dass die neu erworbenen experimentellen Fähigkeiten durch das in der Unterrichts-

Tab. 20: Beurteilung des experimentellen Arbeitens der Schüler durch die unterrichtenden Lehrer (Angaben in %) – 8 Wochen nach Beendigung der UE
Notwendige Arbeitsschritte und die Qualität ihrer Ausführung

Arbeitsschritte	Qualität der Ausführung			Beteiligung der Schüler		
	selbständig	mit kleinen Hilfen	nur mit Hilfe	alle	nur einzelne	nur einer
Planung des Versuches						
1. Zielbestimmung	81,3	18,7		100		
2. Verfahrensplanung	93,8	6,2		100		
3. Zeitplanung	62,5	37,5		100		
4. Geräte- und Materialplanung	100			75	25	
Vorbereitung						
5. Bereitstellung fachlicher Informationen	100			31,2	62,5	6,3
6. Vorbereitung des Protokolls	100			12,5	87,5	
7. Aufbau der Experimentieranordnung	75	25		100		
Durchführung						
8. Feinplanung der Arbeitsschritte	100			87,5	12,5	
9. Durchführung des Experimentes	100			100		
Auswertung						
10. Darstellung der Ergebnisse	100			100		
11. Interpretation der Ergebnisse	68,8	31,2		100		

einheit erfolgte häufige Üben und Anwenden bereits im Kortex gespeichert wurden. Dass in der Phase der Bereitstellung der fachlichen Informationen keinerlei Hilfen notwendig waren, liegt darin begründet, dass es sich hierbei zum einen um ein Bestätigungsexperiment handelt und zum anderen den Schülern der Zusammenhang des Experimentes mit den theoretischen Grundlagen bekannt war. In der Phase des Aufbaus der Experimentanordnung benötigten 4 Gruppen Hilfe, was u. a. in der Komplexität dieser begründet ist. So umfasste diese einen Laptop, das Cobra3-Messsystem, die Temperatursonde, eine Thermoskanne, die Erbsensamen u. a.

Die Selbständigkeit aller Arbeitsgruppen in der Feinplanung der Arbeitsschritte und in der Durchführung des Versuches zeugt von einer zielgerichteten

und planmäßigen Arbeitsweise, bei der von einer schon sehr guten experimentellen Fähigkeitsentwicklung der Schüler ausgegangen werden kann.

Bezüglich der Interpretation der Ergebnisse zeigten sich bei 5 Gruppen Unsicherheiten, die vor allem darin begründet waren, dass das verwendete Messsystem auch auf sehr geringe Temperaturschwankungen reagierte und damit der Kurvenverlauf auch nicht ganz leicht nur mittels der theoretischen Grundlagen erklärbar war, sondern auch der Einfluss der Umgebungstemperatur, der trotz der Verwendung einer Thermoskanne als Reaktionsgefäß nicht ganz verhindert werden konnte, in die Interpretation einbezogen werden musste. Hierbei kam der gesonderten Betrachtung von Messfehlern statistischer und experimenteller Natur eine besondere Bedeutung zu.

Eine genauere Beurteilung der Experimentierleistung wird durch den Vergleich zwischen beiden Aufnahmezeitpunkten möglich (vgl. Tab. 21). Wobei hier zu bedenken ist, dass die Werte zum Zeitpunkt t 1 aus der Beurteilung der arbeitsteiligen Gruppenarbeit während der Phase der Ausbildung der experimentellen Kompetenzen hervorgegangen sind und die Daten zum Zeitpunkt t 2 aus einer arbeitsgleichen Gruppenarbeit 8 Wochen nach Beendigung der Unterrichtseinheit. Dennoch lässt sich bezogen auf die grundlegende Fähigkeitsentwicklung eine vergleichende Betrachtung anstellen. Der Vergleich der beiden abhängigen parameterfreien Stichproben erfolgte durch den Wilcoxon-Test, zur Prüfung signifikanter Unterschiede zwischen beiden Messpunkten bezüglich einzelner experimenteller Phasen.

Tab. 21: Ergebnisse des Wilcoxon-Tests ausgewählter experimenteller Kompetenzen

	Qualität der Ausführung				**Beteiligung der Schüler**				
	2. (t 2)– 2. (t 1)	4. (t 2)– 4. (t 1)	5. (t 2)– 5. (t 1)	8. (t 2)– 8. (t 1)	3. (t 2)– 3. (t 1)	4. (t 2)– 4. (t 1)	7. (t 2)– 7. (t 1)	9. (t 2)– 9. (t 1)	10. (t 2)– 10. (t 1)
Z Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,046	0,025	0,025	0,008	0,001	0,046	0,046	0,001	0,001

Qualität der Ausführung:
2 Verfahrensplanung
4 Geräte- und Materialplanung
5 Bereitstellung fachlicher Informationen
8 Feinplanung der Arbeitsschritte

Beteiligung der Schüler:
3 Zeitplanung
4 Geräte- und Materialplanung
7 Aufbau der Experimentieranordnung
9 Durchführung des Experimentes
10 Darstellung des Ergebnisse

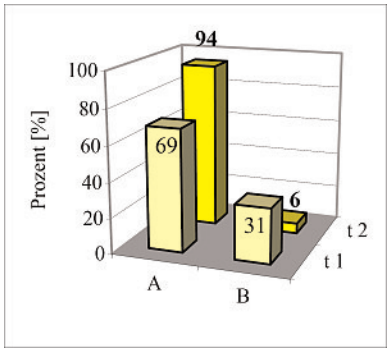


Abb. 17: Vergleich der Qualität der Schülerarbeit in der Verfahrensplanung zwischen t 1 und t 2.

A selbständig; **B** mit kleinen Hilfen

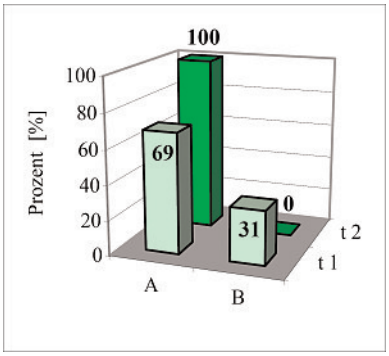


Abb. 18: Vergleich der Qualität der Schülerarbeit in der Geräte- und Materialplanung zwischen t 1 und t 2.

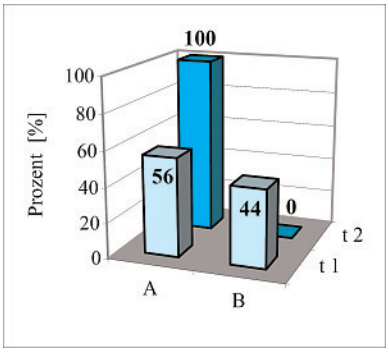


Abb. 19: Vergleich der Qualität der Schülerarbeit in der Feinplanung der Arbeitsschritte zwischen t 1 und t 2.

Signifikante Unterschiede zeigen sich vor allem in den Arbeitsschritten der Verfahrensplanung (Abb. 17), der Geräte- und Materialplanung (Abb. 18) und in der Feinplanung der Arbeitsschritte (Abb. 19).

Dies bestätigt die bereits aufgestellte Vermutung der zunehmenden Sicherheit der Schüler bezüglich der selbständigen Planung und Durchführung von Experimenten. Der auch festzustellende signifikante Unterschied in der Bereitstellung der fachlichen Informationen kann hier nicht in die Auswertung einbezogen werden, da die Experimente zum Untersuchungszeitpunkt t 1 der Erarbeitung fachlicher Kenntnisse dienten und der Versuch zum Zeitpunkt t 2 zum Zwecke der Bestätigung bereits bekannter Inhalte eingesetzt wurde, was einen Vergleich der diesbezüglichen Fähigkeitsentwicklung der Schüler nicht zulässt. Genauso verhält es sich mit der Fähigkeit der Interpretation der Versuchsergebnisse, da diese auch sehr stark von den Unterrichtsinhalten und deren Komplexität im Zusammenhang mit den Versuchsergebnissen abhängig ist.

Als sehr positiv sind die signifikante Unterschiede in der Kategorie Beteiligung der Schüler an der Gruppenarbeit in Bezug auf die Phase der Auswertung zu bewerten. Entgegen den anfänglich gemachten Beobachtungen, dass sich teilweise nur einzelne Schüler an der Interpretation der Ergebnisse intensiv beteiligten, lässt sich nun feststellen, dass in allen Gruppen alle Schüler beteiligt waren. Ebenso verhält es sich mit der Durchführung des Experimentes.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Schüler nach einem zeitlich begrenzten Abstand ihre erweiterten und neu erworbenen experimentellen Fähigkeiten in einem neuen fachlichen und experimentellen Zusammenhang anwenden konnten, Ausdruck dafür ist vor allem die weitgehende Selbständigkeit des Arbeitens in den einzelnen Experimentphasen.

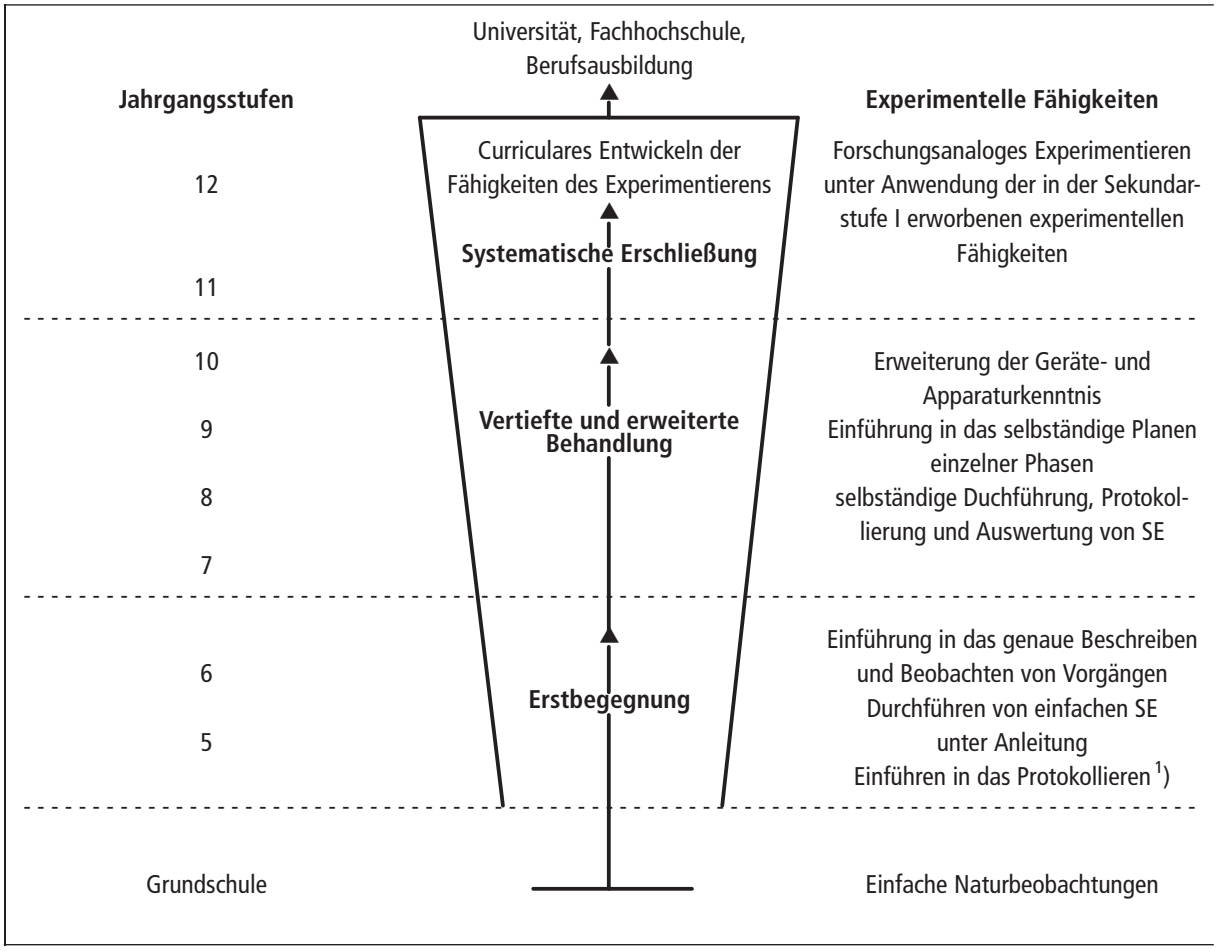
4 Schlussfolgerungen für den Biologieunterricht

In diesem Abschnitt werden basierend auf den Ergebnissen der empirischen Untersuchung und deren Diskussion Schlussfolgerungen bezüglich der Entwicklung experimenteller Kompetenzen unter Einsatz multimedialer Arbeitstechniken für den Biologieunterricht gezogen. Dabei werden sowohl wissenschaftstheoretische, als auch schulpolitische und schulpraktische Aspekte berücksichtigt.

4.1 Wissenschaftstheoretischer Aspekt

Sowohl in der Einleitung (vgl. Punkt 1) als auch im theoretischen Rahmen (vgl. Punkt 2) wurde die Bedeutung des experimentellen Arbeitens im Rahmen der Ausbildung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen erläutert. Des Weiteren wurden diesbezügliche Probleme des unterrichtlichen Einsatzes von Schülerexperimenten angesprochen. Eine Möglichkeit Veränderungen zu bewirken, stellt diese Arbeit dar, in der nachgewiesen werden konnte, dass unter Einsatz multimedialer Arbeitstechniken und der Einbettung der Schülerexperimente in einen problemorientierten fachlichen Kontext das experimentelle Kompetenzniveau der Schüler gesteigert werden kann. Möglich war dies nur unter der Beachtung mehrerer Voraussetzungen. Die Voruntersuchung bezüglich des aktuellen Standes der experimentellen Kompetenzentwicklung zeigte eine gute Ausbildung experimenteller Grundfertigkeiten (Phasen eines Experimentes, Protokollführung, Gerätekenntnis, Formulieren von Beobachtungs- und Messergebnissen). Diese Qualifikationen stellen eine wichtige Voraussetzung für die weitere Kompetenzentwicklung dar.

Der Erwerb und die Übung dieser experimentellen Qualifikationen erfolgt vor allem im Biologieunterricht des Sekundarbereichs I. Hier werden die Schüler schrittweise mit den einzelnen Phasen des Experimentierens vertraut gemacht und in die Protokollführung eingearbeitet. Allerdings sollte in der curriculären Entwicklung experimenteller Kompetenzen berücksichtigt werden, dass eine Erhöhung des Anspruchsniveaus von Jahrgangsstufe 5–10 erfolgt (vgl. Abb. 20). Im Rahmen dieser Untersuchung hat sich die Einteilung der Schülerexperimente entsprechend der drei Kompetenzniveaus als sehr wichtiger Ausgangspunkt für die erkenntnistheoretische Einbettung dieser in den fachwissenschaftlichen und unterrichtlichen Kontext herauskristallisiert. Eine solche



[1]) Nur einzele Phasen des Experiments protokollieren.

Abb. 20: Modellvorstellung zur Entwicklung experimenteller Kompetenzen im Biologieunterricht (verändert, nach Lerchner 1999)

Herangehensweise eröffnet neue Einsichten in den Wert den Schülerexperimente im Rahmen der Kenntnisgewinnung haben können oder sogar sollten.

Im Vergleich zum Sekundarbereich I sollte ab der gymnasialen Oberstufe verstärkt eine Integration der Experimente in einen problemorientierten Sachbezug erfolgen. Dies fördert die selbständige gedankliche Durchdringung der fachlichen Inhalte und in Beziehung dazu auch die des experimentellen Vorgehens, denn nur dann gelangen die Schüler zu einem interpretierbaren Ergebnis. Dadurch erhöht sich das Anspruchsniveau von Schülerexperimenten, welche auf der Ebene des Abhandeln eines „Kochrezeptes“ nachweislich für Schüler (vgl. Löwe 1992) wenig erfolgreich und interessenfördernd sind. Dies sollte dem Alter der Schüler angemessen konzipiert werden und notwendige Hilfestellungen im Vorhinein bereitgestellt werden. Hierbei hat sich das Planungsmodell von Mayer (2002) zum forschenden Unterricht bewährt.

Fördernd auf die Entwicklung experimenteller Kompetenzen hat sich die Konzeption einer experimentellen Unterrichtseinheit erwiesen. Die genetische Entwicklung kognitiver Kenntnisse aus experimentellen Ergebnissen einerseits und der Entwicklung von Vermutungen oder Problemstellungen als Anlass bzw. Ausgangspunkt für weiterführende Experimente andererseits führte zum Aufbau von assoziativem Wissen, was durch die Ergebnisse sowohl der Überprüfung der experimentellen Kompetenzen als auch durch den Leistungstest bestätigt werden konnte. Im Gegensatz zu bisherigen Studien, in denen kein positiver Effekt offener Arbeitsformen auf die Lernleistung nachgewiesen werden konnte, zeigen sich infolge der Anwendung forschenden Unterrichts in Kombination mit der Entwicklung experimenteller Kompetenzen unter Einsatz multimedialer Arbeitstechniken positive Ergebnisse bezüglich dem Grad der Kenntnisgewinnung (vgl. Ergebnisse des kognitiven Leistungstests 3.4.2.3).

Des Weiteren bestätigen die Ergebnisse der Untersuchung, die Theorie, dass die Durchführung von Schülerexperimenten die Lerneffektivität steigert, aber nur unter Beachtung des der Lerngruppe angemessenen Anspruchsniveaus (Kompetenzbereich I, II oder III) und der entsprechenden Planungsaspekte.

Parallel werden durch das zeitnahe häufige Wiederholen und Üben einzelner Phasen experimentelle Handlungsabläufe verinnerlicht. Die positiven Ergebnisse bezüglich der Behaltensleistung im Bereich der experimentellen und medientechnischen Kompetenzen untermauern die Theorie von Spitzer (2000), dass das Erlernen von Fähigkeiten nur dann zur langfristigen Speicherung in den Kortex aufgenommen werden kann, wenn dies durch zeitlich nahe aneinanderliegende erneute Anwendungsphasen erfolgt.

Der Einsatz multimedialer Arbeitstechniken hat sich in diesem Zusammenhang als sehr effektive Methode zur Erhöhung des Anspruchsniveaus im Experiment selbst und zur Vorbereitung und Auswertung von Experimenten erwiesen. Die daraus entwickelte Modellvorstellung zur Entwicklung experimenteller Kompetenzen unter Einsatz multimediale Arbeitstechniken wird in Abb. 21 veranschaulicht.

Im Rahmen des Einsatzes des Internets als Informationsquelle im Biologieunterricht hat sich die Vorgabe geeigneter Internetadressen durch den Unterrichtenden als positiv herausgestellt, da zu vielen Themenbereichen eine Fülle von Informationen existieren, von denen nicht alle fachlich korrekt sind bzw. dem inhaltlichen Anspruch der gymnasialen Oberstufe gerecht werden. Das Internet ermöglicht den Zugang zu aktuellen Informationen (z.B. Umweltbelastungen),

Grad der Selbständigkeit	Experimentelles Kompetenzniveau	Experimenttyp	experimentelle Kompetenzen	Multimediale Arbeitstechniken
	Stufe III	Forschungsanaloge Experimente (nach Berck, 2000)	selbständige Planung, Durchführung und Auswertung von SE	Internet zur Informationsbeschaffung, Computer als Messinstrument, Computer als Präsentationsmedium, Computer zur Auswertung und Darstellung von Messdaten
	Stufe II	Computerunterstütze Experimente	Einführung einer neuen Messmethode, selbständige Durchführung und Auswertung der SE	Computer als Messinstrument, Computer zur Auswertung und Darstellung von Messdaten
	Stufe I	Einführende Experimente	Festigung experimenteller Grundfertigkeiten	Internet zur Nachbereitung experimentell gewonnener Erkenntnisse, Computer zur Dokumentation des Protokolls

Abb. 21: Modellvorstellung zur Entwicklung experimenteller Kompetenzen unter Einsatz multimedialer Arbeitstechniken in der Sekundarstufe II im Rahmen einer UE

wodurch es gelingt, die Ergebnisse der Schülerexperimente in einen alltags- und lebensnahen Bezug zu setzen.

Effektiv wird die Arbeit mit dem Internet erst dann, wenn die darin gefundenen Informationen schnell und entsprechend der Aufgabenstellung oder des zu bearbeitenden Themas nutzbar gemacht werden können. Dies setzt eine räumliche Nähe von Experimentiermöglichkeit und Internetzugang voraus oder es muss eine zeitliche Trennung dieser Tätigkeiten (Unterricht und häusliche Nachbereitung) erfolgen.

Die Verknüpfung dieser Art der Computer- bzw. Internetnutzung mit dem biologischen SE hat sich im Rahmen dieser Thematik bewährt.

Die Nutzung des Computers als Messinstrument stellt sehr hohe technische Ansprüche in der Vorbereitung und Durchführung des Experimentes. Deshalb bietet es sich an, diese Messmethode mehrmals hintereinander zu nutzen. Dadurch lohnt sich der Aufwand in der Vorbereitung und der Umgang mit den Geräten und dem Messverfahren wird gefestigt.

Die Möglichkeiten der Dokumentation von Apparaturen und Experimentergebnisse in digitaler Form wurden von den Schüler sehr umfangreich zur Erstellung der PC-Präsentation genutzt (vgl. Anhang A-4).

Frühere Untersuchungen, in denen festgestellt wurde, dass das Internet keine große Rolle im Freizeitverhalten von Jugendlichen spielte und Mädchen dem

Computer distanzierter gegenüber standen, scheinen nach den Ergebnissen dieser Studie überholt. Die guten Vorkenntnisse vieler Schüler und die positive Entwicklung ihrer medientechnischen Kompetenzen im Rahmen dieser UE zeigen, dass eine verstärkte Integration dieser Arbeitstechniken auch in den Fachunterricht sinnvoll ist und dem Geist der Zeit entspricht.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Integration von multimedialen Arbeitstechniken in eine experimentelle Unterrichtseinheit das selbständige Lernen der Schüler fördert. Es ist gelungen den Unterricht so zu gestalten, dass die Schülerinnen und Schüler gelernt haben, eine experimentelle Aufgabenstellung selbständig zu strukturieren, die erforderlichen Arbeitsmethoden problemangemessen auszuführen, Hypothesen zu bilden und zu prüfen und die Arbeitsergebnisse angemessen darzustellen.

4.2 Schulpolitischer Aspekt

Eine Vorraussetzung die Entwicklung experimenteller Kompetenzen vor allem in der gymnasialen Oberstufe zu fördern, ist die verstärkte Beachtung verbindlicher Schülerexperimente in den Rahmenrichtlinien der einzelnen Bundesländer. Für die Integration von Schülerexperimenten in den inhaltlichen Kontext müssen verstärkt Materialien entwickelt werden, die diesbezüglich Vorschläge und Ideen für die Einbettung der Schülerexperimente in einen problemorientierten und erkenntnisprozessgerichteten Unterricht enthalten. Dabei sollte die Ausrichtung der Experimente nicht nur nach dem Sachbezug erfolgen, sondern sich auch am Kompetenzniveau orientieren. Das bedeutet, dass die wissenschaftlichen Methoden der Biologie nicht eine instrumentelle Funktion zur Veranschaulichung und zum besseren Verständnis der Inhalte haben, sondern selbst zum Unterrichtsgegenstand gemacht werden. Was dem allerdings gegenüber steht, ist die häufig als Ursache für den geringen experimentellen Anteil der Unterrichtes angegebene Stoff-Zeit-Problematik. Das primäre Ziel der gymnasialen Oberstufe ist in der Realität die Vorbereitung der Schüler auf die schriftliche oder mündliche Abiturprüfung. Dies bedingt die unterrichtliche Behandlung aller in den RRL vorgegebenen verbindlichen Lerninhalte. Auf Sachsen-Anhalt bezogen bedeutet dies, dass die Lehrerinnen und Lehrer kaum Zeit haben, sich solchen „Unterrichtsversuchen“ zu widmen. Denn die empirische Untersuchung hat auch deutlich gemacht, dass die Entwicklung experimenteller und medientechnischer Kompetenzen im Zusammenhang mit der Erarbeitung der fachlichen In-

halte zeitintensiv ist. Demzufolge sollten die RRL dahingehend überprüft werden, inwieweit eine Reduktion verbindlicher Lerninhalte zu Gunsten der verstärkten Beachtung der experimentellen und medientechnischen Kompetenzerweiterung möglich ist.

Auch in der universitären Lehrerausbildung sollten die bereits vorhandenen Praktika, in denen Schülerexperimente von den Studenten erprobt und geübt werden, weiter ausgebaut werden. Nur wenn die Lehrerinnen und Lehrer Sicherheit im Experimentieren erwerben, können bzw. werden sie diese im Unterricht einsetzen.

Die Ausbildung von medientechnischen Kompetenzen im Biologieunterricht im Zusammenhang mit dem Experimentieren setzt technische Ausstattungen voraus, die sehr kostenintensiv sind. Alternativ stehen z. T. schon digitale Handmessgeräte zur Verfügung, deren Datenauswertung mittels des Computers möglich ist. Dennoch bleibt sicherlich in vielen Schulen das Problem, dass die Informatikräume bzw. Medienräume nicht parallel als Experimentierräume genutzt werden können. Dies wäre nur durch die Einrichtung von Computerarbeitsplätzen in den Fachräumen der Biologie möglich, was wiederum sehr / oder zu kostenintensiv ist.

4.3 Schulpraktischer Aspekt

Die Umsetzung experimenteller Unterrichtseinheiten gestaltet sich im normalen Schulalltag schwierig, da der Biologieunterricht im zeitlichen Rahmen von nur 45 min. erfolgt. Das bedeutet für die Lehrpersonen einen hohen organisatorischen Arbeitsaufwand in der Vor- und Nachbereitung der Experimente zu jeder Unterrichtsstunde. Für die Schüler bedeutet es eine ständige Unterbrechung des Denkprozesses bzw. der Problemlösung oder des Experimentes selbst. Eine Möglichkeit dem zu begegnen, stellt die Einführung einwöchiger experimenteller Praktika dar. Neben den vielen Voreilen die eine solche Vorgehensweise mit sich bringt, birgt sie auch Nachteile. Zum einen stellt sich die Frage nach einer günstigen zeitlichen Stellung der Praktika im Kurshalbjahr. Werden sie an das Ende eines Kurshalbjahres gelegt, welches meist mit dem Abschluss einer Thematik einhergeht, stellt sich das Problem der Durchführung von forschenden Experimenten. Die zeitliche Trennung der Vermittlung von Inhalten und dem Durchführen der entsprechenden Experimente ist bezüglich des Aufbaus von assoziativem Wissen fragwürdig. Weiterhin besteht die Gefahr, dass sämtliche

Schülerexperimente in diesen zeitlich eng begrenzten Rahmen gelegt werden, was eine Verarmung des Unterrichtes zur Folge hätte.

Einen im Schulalltag realisierbaren Kompromiss stellt meiner Meinung nach die Verteilung der 4 Wochenstunden im Kursunterricht auf zwei 90 min. Einheiten dar.

5 Zusammenfassung

Untersucht wurde die Entwicklung experimenteller Kompetenzen durch den Einsatz multimedialer Arbeitstechniken im Biologieunterricht der Sekundarstufe II.

Anlass zur Durchführung dieser empirischen Untersuchung gaben aktuelle biologiedidaktische und schulpolitische Diskussionen bezüglich des mangelnden Anspruchsniveaus der Schülerexperimente, vor allem in der Sekundarstufe II sowie die Notwendigkeit der Ausbildung experimenteller Kompetenzen, als einem Teilbereich naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen. Des Weiteren steht die sinnvolle Integration multimedialer Arbeitstechniken in den Fachunterricht immer wieder zu Disposition.

Im Rahmen einer auf die experimentelle Erkenntnisgewinnung ausgerichteten Unterrichtseinheit erfolgte die schrittweise Erweiterung bzw. Herausbildung der selbständigen experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten der 80 Probanden. Vordergründig wird hierbei forschend und problemlösend gearbeitet.

Theoretische Grundlage der Einschätzung der experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten stellt eine Einteilung dieser in drei aufeinander aufbauenden Niveaustufen dar, wobei sich der Grad der Selbständigkeit sowohl auf der Planungsebene als auch in der Durchführungs- und Auswertungsebene des Experimentierens schrittweise erhöht. Dementsprechend umfasst das Kompetenzniveau I die Beherrschung grundlegender Handlungsabläufe beim Experiment, das Erstellen eines Protokolls, das Formulieren von Beobachtungs- und Messergebnissen. Schülerexperimente die entsprechend des Kompetenzniveaus II konzipiert werden, erlauben bereits die Anwendung und den Transfer bekannter experimenteller Handlungsabläufe und bieten den Schülern mehr Raum für eigene kreative Ideen. Das Kompetenzniveau III umfasst die „experimentelle Erforschung“ neuer Sachverhalte und Zusammenhänge, indem die Schüler eigene Experimentziele, Handlungsabläufe und Lösungsansätze finden.

In einer Voruntersuchung wurde das experimentelle Können der Probanden untersucht. Hierbei wurde die Vermutung bestätigt, dass der überwiegende Teil der Schüler über grundlegende experimentelle Kompetenzen verfügt, jedoch nicht in der Lage ist, diese entsprechend des Kompetenzniveaus III anzuwenden. Durch die Analyse der empirischen Daten bezüglich der experimentellen Kompetenzentwicklung während und nach der UE wurde der Beweis erbracht, dass

eine problemorientierte Einbettung der Schülerexperimente in den inhaltlichen Kontext die Entwicklung des experimentellen Kompetenzniveaus III fördert und die Schüler dadurch befähigt werden, wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen nach der Einübung selbständig und flexibel einzusetzen und anzuwenden.

Der Einsatz multimedialer Arbeitstechniken bietet in diesem Zusammenhang vielfältige Möglichkeiten der Erhöhung des Anspruchsniveaus in der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Schülerexperimenten. Dabei können bereits vorhandene medientechnische Kompetenzen der Schüler, die in einer Voruntersuchung mittels standardisierter Fragebögen im Ratingformat erfasst wurden, sinnvoll genutzt werden, vor allem im Bereich der Textverarbeitung und Internetrecherche. Experimenteller Biologieunterricht unter Einsatz multimedialer Arbeitstechniken führt auch zur einer Erweiterung der medientechnischen Kompetenzen. Der Vergleich der Fähigkeitsentwicklung vor und nach der UE mittels des Wilxocon-Tests ergab signifikant bessere Fähigkeiten in der Erstellung von PC-Präsentationen, der Durchführung digitaler Messverfahren und in der Arbeit mit einem Messwerterfassungsprogramm.

Die Auswertung des Leistungstests zeigt eindeutig, dass sich die verstärkte Beachtung der experimentellen und medientechnischen Kompetenzentwicklung auch positiv auf den Grad der Kenntnisgewinnung auswirkt, was unter anderem auch auf die vertiefte, stärker selbständige experimentelle Durchdringung der Inhalte zurückzuführen ist.

Insgesamt haben die empirischen Untersuchungen gezeigt, dass die eingebrachte Prozesskonzeption richtig ist.

6. Literaturnachweis

Abitur'99, Prüfungsaufgaben mit Lösungen, Biologie Grundkurs Gymnasium Thüringen. Stark Verlagsgesellschaft, Freising 1998

Abitur'99, Prüfungsaufgaben mit Lösungen, Biologie Grundkurs Gymnasium Baden-Württemberg. Stark Verlagsgesellschaft, Freising 1998

Aebli, H.: Grundformen des Lehrens, Stuttgart 1979

Aebli, H.: Denken: Das Ordnen des Tuns. Bd. 1: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie, Stuttgart 1980

Baumert, J.; Lehmann R.: „TIMMS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich" Deskriptive Befunde, Leske + Budrich, Opladen 1997

Beisenherz, W.: Die Bedeutung des Experimentes im Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II. PdN-B. 7, 1980

Berck, K.-H.: Biologiedidaktik: Grundlagen und Methoden, Wiebelsheim: Quelle & Meyer 1999

Bickel-Sandkötter, S.: Computer, Internet & Co. im Biologie-Unterricht, Berlin 2003

Bönsch, M.: Variable Lernwege, Paderborn 1991

Bruner, J. S.: Der Prozeß der Erziehung, Düsseldorf: Schwann 1970

Bund-Länder-Kommission zur Bildungsplanung und Forschungsförderung: Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, Heft 60, Bonn 1997

Dietze, J.; Gehlhaar, K.-H.; Klepel, G.: Untersuchungen zum Entwicklungsstand von Biologieinteressen bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II. In: Rainer Klee, Angela Sandmann, Helmut Vogt (Hrsg.) Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, Bd.2, StudienVerlag Ges.m.b.H. Innsbruck, 2005

Ebel, H. F.; Bliefert, C.: Diplom- und Doktorarbeiten, Anleitungen für den naturwissenschaftlichen Nachwuchs, VHC Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim 1993

Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie. Beschluss der KMK vom 12.03.2004

Einsiedler, W.: Wissensstrukturen im Unterricht. Neuere Forschung zur Wissensrepräsentation und ihre Anwendung im Unterricht. In: Z. f. Päd., H. 2/S. 167–191; 1996

Eschenhagen, D., Kattmann, U., Rodi, D. (2001): Fachdidaktik Biologie, Aulis Verlag, Köln

Falkenhausen, E. von: Die Stellung des Experimentes im Biologieunterricht. Tei 1–3. PdN-B 25, H. 2, H. 3, H. 5, 1976

Fausner, R.; Schreiber N.: Jugendliche, Computer und Bildung, Bad Honnef 1989

Fausner, R.: Neue empirische Untersuchungen über geschlechtsspezifische Unterschiede im Interesse am Computer. In: Bundesminister für Bildung und Wissenschaft (Hrsg.): Mädchen und Computer, Bad Honnef, 1992

Frank, A.: Standards & Kompetenzen. In: UB, H. 307/308, Friedrich Verlag Selze 2005

Giaconia, R.; Hedges, L.: Identifying Features of Effective Open Education. Review of educational research, 52, 1982

Graf, D.: Computer – Multimedia. In: Berck, K.-H. (Hrsg.): Biologiedidaktik: Grundlagen und Methoden, Wiebelsheim: Quelle & Meyer 1999

Gudjons, H.: Handlungsorientiert lehren und lernen, Bad Heilbrunn 2000

Gudjons, H.: Neue Unterrichtskultur – veränderte Lehrerrolle, Bad Heilbrunn 2006

Gutheil, G.; Mügge, N.: Lernort Neue Medien, Hohengehren 2000

Hasebrook, J. P.: Lernen mit Multimedia. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 9 (2), 1995

Hentig, H. von: Das allmähliche Verschwinden der Wirklichkeit. Ein Pädagoge ermutigt zum Nachdenken über die Neuen Medien, München 1984

Hesse, M.: Empirische Untersuchungen zum Biologieinteresse bei Schülern der Sekundarstufe I, In: NiU-B 32, H. 10, 1984

Horst, U.; Ohly, K. P. (Hrsg.): Lernbox. Lernmethoden – Arbeitstechniken. Friedrich Verlag Seelze/Velber, Januar 2003

Huber, L.: Förderung selbständigen Lernens in der gymnasialen Oberstufe. Landesinstitut für Schule und Weiterbildung NRW (Hrsg.), Bönen/Westfalen 2000

Jaenicke, J.: Materialien zum Kursunterricht Biologie Teil 1–4, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln 1988

Janssen, J.; Laatz, W. (1994): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem, Springer-Verlag, Heidelberg

JIM 98: Jugend, Information, (Multi)-Media. In: Dichanz, H. (Hrsg.): Handbuch Medien: Medienforschung. Konzepte, Themen, Ergebnisse. Bonn 1998

Jürgens, E.: Diskussion der Wirkungen Offenen Unterrichts. In: Schulmagazin 5 –10, 9, 1995

Kasbohm, P.: Schülerversuche in der Sekundarstufe I. In: Rodi 1975

Kerres, M.; & Jechle, J.: Hybride Lernarragements: Personale Dienstleistungen in multi- und telemedialen Lernumgebungen. In: Forschungsinstitut für Arbeiterbildung (Hrsg.): Jahrbuch Arbeit, Bildung, Kultur; Recklinghausen, Bd. 17, 1999

Kerres, M.: Multimediale und telemediale Lernumgebungen, Konzeption und Entwicklung, München, Wien 2001

Keusch, P.: Medien im Chemieunterricht – Modelle und Videogramme. Medien – Vermittler im Kommunikationsprozess S. 205 ff, In: Maier, H. (Hrsg.): Regensburger Beiträge zur Fachdidaktik, Bd. 3 Naturwissenschaft – Schüler – Unterricht, Beiträge zur Didaktik der Biologie, der Chemie und der Physik Universitätsverlag Dr. N. Brockmeyer, Bochum, 1992

Killermann, W.: Biology education in Germany: research into effectivness of different teaching methods. International Journal of Science Education 18, H. 3, 1996

Klautke, S.: Ist das Experiment im Biologieunterricht noch zeitgemäß? MNU 50, H. 6, 1997
Kozma, R. B.: Learning with Media. In: Review of Educational Research 2: 61, 1991
Kramer, B.; Prechtl, H.; Bayrhuber, H.: Text- und Bildbearbeitungsstrategien bei der Nutzung einer multimedialen Lernumgebung. In: Rainer Klee, Angela Sandmann, Helmut Vogt (Hrsg.) Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, Bd. 2, Innsbruck 2005
Kultusministerium Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Rahmenrichtlinien Gymnasium Sachsen-Anhalt, Quedlinburg, 2003
Lerchner, W.: Die Entwicklung experimenteller Kompetenzen im Biologieunterricht. Konzeptionsbeitrag zum Programm „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts". Sachsen-Anhalt, MK Magdeburg 1999
Leutner, D. (Hrsg.): Neue Medien in Unterricht, Aus- und Weiterbildung: aktuelle Ergebnisse empirischer pädagogischer Forschung, Waxmann 2000
Lind, G.; Kroß, A.; Mayer, J.: BLK-Programmförderung – Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. Erläuterungen zu Modul 2: Naturwisenschaftliche Arbeitsweisen im Unterricht. http//www. blk.mat.uni-bayreuth.de, 1998
Lindner-Effland, M.: EKG-Messung mit dem Computer. In: UB „Atmung und Kreislauf", CD-ROM, Seelze 2002
Löwe, B.: Biologische Arbeitsweisen im Spiegel der Schülerinteressen. In: Killermann, W.; Staeck, L. (Hrsg.): Methoden des Biologieunterrichts. Aulis Verlag, Köln 1990
Löwe, B.: Interessenentwicklung für das Unterrichtsfach Biologie und der Einfluss unterrichtlicher Maßnahmen. In: Maier, H. (Hrsg.): Regensburger Beiträge zur Fachdidaktik, Bd. 3 Naturwissenschaft-Schüler-Unterricht, Beiträge zur Didaktik der Biologie, der Chemie und der Physik, Universitätsverlag Dr. N. Brockmeyer, Bochum, 1992
Maier, H. (Hrsg.): Regensburger Beiträge zur Fachdidaktik, Bd. 3 Naturwissenschaft-Schüler-Unterricht, Beiträge zur Didaktik der Biologie, der Chemie und der Physik Universitätsverlag Dr. N. Brockmeyer, Bochum, 1992
Mayer, R. E.: Multimedia learning: Are we asking the right questions? Educational Psychologist, 32 (1), 1997
Mayer, J.: BLK-Programmförderung – Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. Erläuterungen zu Modul 2: Vom Schulversuch zum forschenden Unterricht. http//www. blk.mat.uni-bayreuth.de, 2002
Mayer, J.: Forschendes Lernen. Lehrermaterial zum Kompetenzorientierten Biologieunterricht. Biologie im Kontext (bik) 2006
Meyer, H.: Experimentelles Arbeiten im Biologieunterricht. Ergebnisse einer in Nordrhein-Westfalen durchgeführten empirischen Untersuchung. In: Hedewig/Knoll. Biologieunterricht außerhalb des Schulgeländes, Köln 1986
Meyer, H.: Unterrichtsmethoden. I. Theorieband, Frankfurt Scriptor 1987
Nerdel, C.; Prechtl, H.; Bayrhuber, H.: Wirkung computerunterstützter interaktiver Animationen auf das Verständnis von Konzepten komplexer biologischer Prozesse am Beispiel der Atmungskette. In: Klee, R., Bayrhuber, H. (Hrsg.): Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, Bd. 1, Innsbruck 2002
Niegemann, H.M.: Computerunterstützte Instruktion in Schule, Aus- und Weiterbildung. Theoretische Grundlagen, empirische Befunde und Probleme der Entwicklung von Lernprogrammen, Frankfurt a. M. 1995
OCED/Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.): Schülerleistungen im internationalen Vergleich, Berlin 2000
Peschel, F.: Vom Edutainment zur kreativen Herausforderung: Der Computer als Werkzeug im Offenen Untericht. In: Thissen, F.: Multimedia – Didaktik, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 2003
Peterson, P.: Direct Instruction Reconsidered. In: Pterson, P.; Walberg, H. J. (Eds.): Research of Teaching. Berkeley 1979
Pfeifer, A.; Schuchmann M. (1996): Datenanalyse mit SPSS für Windows, R. Oldenbourg Verlag GmbH, München
Pfligersdorffer, G.; Weiglhofer, H.: Computer im Biologieunterricht. In: UB 221, 1997
Piaget, I.: Die Psychologie der Intelligenz, München 1976
Plass, J.L.; Chun, D. M.; Mayer, R. E. & Leutner, D.: Supporting Visual and Verbal Learning Preferences in a Second-Language Multimedia Learning Environment, Journal of Educational Psychology, 90 (1) 1998
Rost, J.: Lehrbuch Testtheorien – Testkonstruktionen, Verlag Hans Huber, Bern 2004
Schmidkunz, H.; Lindemann, H.: Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren/Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht, Essen 1992
Schmidt, R.; Thews, G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1990
Schnotz, W., Bannert, M.: Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Bild- und Textverstehen. Zeitschrift für experimentelle Psychologie, 46, 1999
Schulmeister, R.: Virtuelle Universität Virtuelles Lernen, Oldenbourg Verlag, München Wien 2001
Seibt, M.; Pfligersdorffer, G.: Kriterien zur Beurteilung von Unterrichtssoftware. In: UB 221, Seelze, 1997
Spitzer, M.: Geist im Netz, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg Berlin 2000
Staeck, L.: Zeitgemäßer Biologieunterricht – Eine Didaktik, Berlin 1995
Starosta, B.: Biologisches Arbeiten mit Schülern im Freiland. – Pädagogisch-didaktische Begründungen und Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In: Maier, H. (Hrsg.): Regensburger Beiträge zur Fachdidaktik, Bd. 3 Naturwissenschaft – Schüler – Unterricht, Beiträge zur Didaktik der Biologie, der Chemie und der Physik Universitätsverlag Dr. N. Brockmeyer, Bochum, 1992
Stary, J.: Visualisieren Ein Studien- und Praxisbuch, Berlin 1997
Topsch, W.: Mit dem Computer lernen! Über Vor- und Nachteile des Computereinsatzes im Unterricht aus schulpädagogischer Sicht, Universität Oldenburg 1993
Unterbrunner, U.; Unterbrunner G.: Wirkung verarbeitungsfördernder multimedialer Programmgestaltung auf den Lernprozess von 10- bis 12-Jährigen. In: Rainer Klee, Angela Sandmann, Helmut Vogt (Hrsg.) Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, Bd. 2, Innsbruck 2005

Wedershoven, B.: Geführte Internetrecherche am Beispiel Gentechnik (Sek. II). In: Bickel-Sandkötter, S.: Computer, Internet & Co. im Biologie-Unterricht, Berlin 2003

Weidenmann, B.: Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In: Issing, L. J.; Klisma, P. (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia, Weinheim 1997

Weigelt, Chr.; Grabinski, E.: VDBiol- Schulumfrage zum Biologieunterricht. Pro Biologie: Wie lässt sich die Leistungsfähigkeit des Biologieunterrichts verbessern ? o. J. (1997)

Welzel, M. u. a.: Ziele, die Lehrende mit experimentellem Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. ZfDN, 4, 1, 1998

Ziemek, H.-P.; Keiner, K.-H.; Mayer, J. Problemlöseprozesse von Schülern der Biologie im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ergebnisse qualitativer Studien. In: Rainer Klee, Angela Sandmann, Helmut Vogt (Hrsg.) Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, Bd. 2, StudienVerlag Ges.m.b.H. Innsbruck, 2005

Anhang

A1 Erhebungsbögen

A1-1 Feststellen der Computerausstattung und Internetanbindung im häuslichen Umfeld und die Häufigkeit und Art der Nutzung

männlich ☐ weiblich ☐

Item	ja	nein
1. Im Haushalt ist ein Computer vorhanden		
2. Ein Internetzugang ist möglich		

Item	täglich	öfter	selten	nicht
1. Ich nutze den Computer in meiner Freizeit				
2. Ich nutze den Computer zur Bearbeitung schulischer Aufgaben				
3. Ich nutze den Computer zum Spielen				
4. Ich nutze das Internet als Informationsquelle für die Schule				
5. Ich nutze das Internet als Informationsquelle für die Freizeit				
6. Ich nutze das Internet als Kontakt- und Kommunikationsmedium				

A1-2 Feststellen der Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schülern im Umgang mit multimedialen Arbeitstechniken unter Berücksichtigung der Zielstellung der Arbeit

Items	Das kann ich	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	Das kann ich nicht	Das habe ich noch nicht gemacht
1. Informationen zu einem Thema im Internet mit Hilfe von Suchmaschinen finden				
2. Internetadressen speichern				
3. Informationen aus dem Internet in ein Textverarbeitungsprogramm (z. B. Word) kopieren				
4. Informationen ausdrucken				
5. eigene Informationen in Word eingeben und ausdrucken				

Items	Das kann ich	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	Das kann ich nicht	Das habe ich noch nicht gemacht
6. Informationen auf der Festplatte speichern				
7. Informationen auf CD-ROM oder Diskette speichern				
8. Kopieren von Informationen zwischen unterschiedlichen Programmen				
9. Informationen mit Hilfe von Thematischen Verzeichnissen im Internet finden				
10. Erstellen von Tabellen und Graphiken z. B. mit Excel				
11. Bearbeiten von digitalen Bildern mit Hilfe eines Bildverarbeitungsprogramms				
12. Anschließen von digitalen Messgeräten an einen PC				
13. Informationen mit Hilfe von Metasuchmaschinen im Internet finden				
14. Erstellen einer PC-Präsentation, z. B. mit PowerPoint				
15. Durchführen eines digitalen Messverfahrens (z. B. digitale Messung der Leitfähigkeit, der Temperatur u. a.)				
16. Texte in einem Textverarbeitungsprogramm, z. B. Word erstellen und verändern				
17. Arbeit mit einem Messwerterfassungsprogramm				
18. Internetadressen eingeben und aufrufen				

A1-3 Testaufgaben zur Überprüfung der experimentellen Kompetenzen

Aufgabe 1

Gedankenexperiment

Nehmen Sie an, Sie sollen in einem Laubblatt das Vorhandensein von Glucose nachweisen.
Stellen Sie in einer Vorüberlegung notwendige Arbeitsschritte, sowie Geräte und Chemikalien auf!

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Aufgabe 2

Pflanzenzellen sind osmotische Systeme

Formulieren Sie eine geeignete Aufgabenstellung für die experimentelle Bestätigung dieser Aussage.
Geben Sie die zu erwartende Beobachtung an!

Aufgabe 3

a) Benennen Sie die folgenden Geräte!

(a) _____ (b) _____ (c) _____

(d) _____ (e) _____ (f) _____

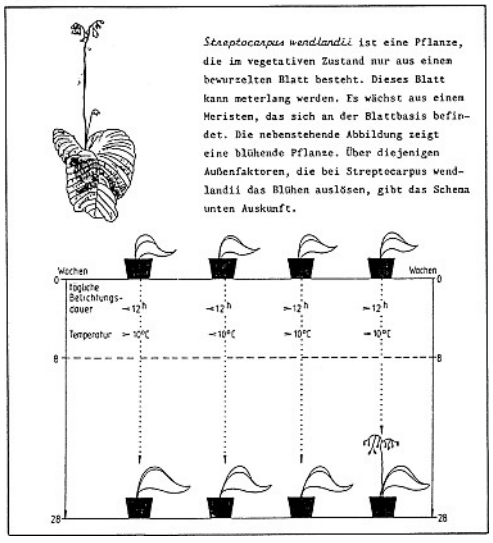
b) Wählen Sie für die im Folgenden aufgeführten Experimente die notwendigen Geräte aus!

Experiment	Geräte
– Herstellung einer Hefesuspension	_____
– Nachweis von Stärke in Nahrungsmitteln	_____
– Herstellung einer 5 %-igen Kupfer(II)-sulfatlösung	_____

Aufgabe 4

Werten Sie die im Folgenden dargestellten Versuchsergebnisse aus!

ARBEITSMATERIAL:



Aus: Jaenicke, J., Materialien zum Kursunterricht Biologie Teil 3, Aulis Verlag Deubner & Co KG, S. 223

Aufgabe 5

Studieren Sie das folgende Material!

Zeigen Sie einen experimentellen Weg auf, wie unter Verwendung des Materials der osmotische Wert von Zellen des Zwiebelhäutchens der Roten Küchenzwiebel bestimmt werden kann!

ARBEITSMATERIAL:

Die Plasmolyse läßt sich quantitativ zur Bestimmung des osmotischen Wertes des Zellsaftes heranziehen, Der osmotische Wert hängt von der Konzentration der gelösten Stoffe ab. Aus dem jeweiligen osmotischen Wert resultiert ein bestimmter osmotischer Druck.

Rohrzuckerlösung (in Moll/l)	Rohrzucker (in g/100 ml Lösung)	osmotischer Druck (in atm)
0,10	3,42	2,6
0,15	5,13	4,0
0,20	6,84	5,3
0,26	8,89	7,0
0,30	10,26	8,1
0,34	11,63	9,3
0,40	13,68	11,1
0,50	17,10	14,3
0,70	23,94	21,5
0,80	27,36	25,5
0,90	30,78	29,7
1,00	34,22	34,6

Aus: Jaenicke, J., Materialien zum Kursunterricht Biologie Teil 1
Aulis Verlag Deubner & Co KG, S. 27

A1-4 Beurteilung des experimentellen Arbeitens der Schüler durch die unterrichtenden Lehrer

Arbeitsschritte	Qualität der Ausführung			Beteiligung der Schüler		
	selbst-ständig	mit klei-nen Hilfen	nur mit Hilfe	alle	nur einzelne	nur einer
Planung des Versuches						
1. Zielbestimmung						
2. Verfahrensplanung						
3. Zeitplanung						
4. Geräte- und Materialplanung						
Vorbereitung						
5. Bereitstellung fachlicher Informationen						
6. Vorbereitung des Protokolls						
7. Aufbau der Experimentieranordnung						
Durchführung						
8. Feinplanung der Arbeitsschritte						
9. Durchführung des Experimentes						
Auswertung						
10. Darstellung der Ergebnisse						
11. Interpretation der Ergebnisse						

Anmerkungen des Fachlehrers: _____

_____

_____

_____

_____

_____

A1-5 Analyse der PC-Präsentation

Entscheidungshilfe zur Beurteilung von PC-Präsentationen

Bewertungskriterien		Punkte: max.	Punkte: Schüler
Fachwissenschaftlicher Aspekt			
1. Vollständigkeit der fachlichen Inhalte im Rahmen der Aufgabenstellung		30	
2. Der Lerngruppe und der Altersstufe angemessene Präsentation der Inhalte		10	
3. Fachwissenschaftliche Richtigkeit der präsentierten Inhalte		20	
	Bewertung:	**60**	
Methodischer Aspekt – medientechnischer Bezug			
1. Geeignete Visualisierung			
a) Einbau von z. B. Bildern, Fotos, Diagrammen und Videosequenzen		5	
b) Lesbarkeit der Inhalte (Farbkontraste, Schriftart und Schriftgröße)		5	
c) Motivierende Gestaltung		5	
2. Bedienung des Präsentationsprogrammes		5	
	Bewertung:	**20**	
Methodischer Aspekt – des Vortrags			
1. Sachlogische Gliederung		5	
2. Vortragsweise (z. B. Sprache, freies Sprechen, Vortragstempo)		10	
3. Verknüpfung Vortrag und PC-Präsentation		5	
	Bewertung:	**20**	
Extrawertungen: (positiv / negativ)			
	Gesamtpunkzahl:	**100**	

A1-6 Ermitteln der erworbenen bzw. erweiterten Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit multimedialen Arbeitstechniken

Items	Das kann ich	Da habe ich manchmal Schwierig-keiten	Das kann ich nicht
1. Informationen zu einem Thema im Internet mit Hilfe von Suchmaschi-nen finden			
2. Internetadressen speichern			
3. Informationen aus dem Internet in ein Textverarbeitungsprogramm (z. B. Word) kopieren			
4. Informationen ausdrucken			
5. eigene Informationen in Word eingeben und ausdrucken			
6. Informationen auf der Festplatte speichern			
7. Informationen auf CD-ROM oder Diskette speichern			
8. Kopieren von Informationen zwischen unterschiedlichen Programmen			
9. Informationen mit Hilfe von Thematischen Verzeichnissen im Internet finden.			
10. Erstellen von Tabellen und Graphiken z. B. mit Excel			
11. Bearbeiten von digitalen Bildern mit Hilfe eines Bildverarbeitungs-programms			
12. Anschließen von digitalen Messgeräten an einen PC			
13. Informationen mit Hilfe von Metasuchmaschinen im Internet finden			
14. Erstellen einer PC-Präsentation, z. B. mit Power-Point			
15. Durchführen eines digitalen Messverfahrens (z. B. digitale Messung der Leitfähigkeit, der Temperatur u. a.)			
16. Texte in einem Textverarbeitungsprogramm, z. B. Word erstellen und verändern			
17. Arbeit mit einem Messwerterfassungsprogramm			
18. Internetadressen eingeben und aufrufen			

A1-7 Leistungstest in Bezug auf die kognitiven Lernziele der Unterrichtseinheit

Test PF 11 **Thema: Enzyme**

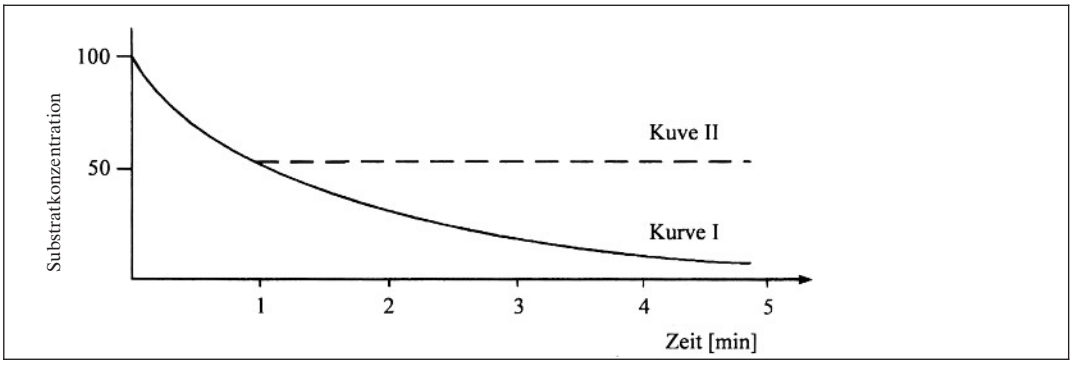
1. Erläutern Sie den Bau und die Wirkungsweise eines Enzyms!
2. Pepsin ist eine Protease im Magensaft. Sie wird in Form einer inaktiven Vorstufe, dem Pepsinogen, durch die Magenschleimhaut abgegeben, das von der Magensäure und geringen vorhandenen Pepsinmengen durch Abspaltung eines Hemmkörpers aktiviert wird.
   Die folgende Tabelle zeigt sieben Versuche in denen die Wirkung des Pepsins unter verschiedenen Bedingungen untersucht wird.

Probe	H_2O	Pepsin	HCl	NaOH	60 °C	37 °C	6 °C
1	+					+	
2	+		+			+	
3	+	+				+	
4	+	+	+			+	
5	+	+		+		+	
6	+	+	+				+
7	+	+	+		+		

Aus: Abitur '99, Prüfungsaufgaben mit Lösungen Biologie Grundkurs Gymnasium; Thüringen, Stark Verlag, 97-2

Begründen Sie in welchen Versuchsansätzen überhaupt Eiweiße abgebaut werden und unter welchen Bedingungen der Abbau des Eiweißes am schnellsten abläuft!

3. Im folgenden Material wird der Verlauf einer enzymatischen Reaktion unter konstanten und optimalen Versuchsbedingungen (Kurve I) dargestellt. Nach einer Minuten wird eine Substanz X hinzugegeben, die den Verlauf der Reaktion wie dargestellt beeinflusst (Kurve II).



Aus: Abitur '99, Prüfungsaufgaben mit Lösungen Biologie Grundkurs Gymnasium
Baden-Württemberg, Stark Verlag, 95-9

a) Erläutern Sie den Verlauf der Kurven I und II!
b) Um welche Substanz könnte es sich bei X handeln? Beschreiben Sie, auf welche Weise diese Substanz die Funktion des Enzyms beeinflussen könnte!

Erwartungsbild zum Leistungstest

Zu 1. (AF 1)

Bau des Enzyms (Begriffe, die in der Erläuterung enthalten sein müssen):
– Proteinanteil (= Apoenzym) liegt meist in der Tertiärform vor
– nichtproteinhaltiger Bestandteil (= Coenzym)
– zusammen bilden sie ein Holoenzym
– aktives Zentrum – Bindung des Substrates erfolgt nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip

Wirkung
– durch Herabsetzung der Aktivierungsenergie, Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit
– Bindung des Substrates am aktiven Zentrum
– Bildung eines Enzym-Substrat-Komplexes
– Reaktionsprodukt entlassen
– Enzym geht unverändert aus der Reaktion hervor

Zu 2. (AF 2)

Probe 1 und 2:	kein Eiweißabbau, da der Versuchsansatz kein Pepsin enthält
Probe 3:	kein Eiweißabbau, da Pepsin im neutralen Milieu unwirksam ist
Probe 4:	schneller Eiweißabbau, da unter physiologischen Bedingungen gearbeitet wird (Körpertemperatur; saures Milieu)
Probe 5:	kein Eiweißabbau, da Pepsin im basischen Milieu unwirksam ist
Probe 6:	geringer Eiweißabbau aufgrund der niedrigen Temperatur (RGT-Regel)
Probe 7:	kein Eiweißabbau, da Pepsin bei dieser Temperatur bereits denaturiert ist

Zu 3

a) (AF 3)
– dargestellt ist die Veränderung der Substratkonzentration in Abhängigkeit von der Zeit
– Kurve I zeigt den typischen Verlauf einer chemischen Reaktion
– zu Beginn viel Substrat – demzufolge sinkt die Substratkonzentration innerhalb der ersten Minute auf 50 %
– mit der steigenden Zahl der Produkte und sinkenden Zahl an Edukten, sinkt auch die Wahrscheinlichkeit eines Aufeinandertreffens von Substrat und Enzym
– demzufolge fällt die Kurve I immer flacher ab
– Kurve II zeigt den Verlauf nach Zugabe der Substanz X (nach einer Minute)
– nach Zugabe der Substanz ändert sich die Substratkonzentration nicht mehr
– wahrscheinlich wurde das Enzym gehemmt, so dass ein weiterer Ablauf der Enzymreaktion nicht mehr gewährleistet war

b) (AF 3)
– Vermutung: Substanz X könnte ein Schwermetall-Ion sein, welches die Tertiärstruktur des Proteins verändert (auch die Struktur des aktiven Zentrums wird verändert) und somit eine irreversible Enzymhemmung zur Folge hat, infolge dessen auch keine Substrate mehr umgesetzt werden und sich somit auch die Substratkonzentration nicht verändert
– weitere Möglichkeiten: Substanz X: Inhibitor (allosterische Hemmung).

A 2 Arbeitsblätter

Arbeitsblatt 1: Übungsaufgaben zum Finden von Informationen im Internet

Art der Internetsuche	Varianten / Beispiele	Suchergebnis
Suchmaschinen Rufen sie eine der folgenden Suchmaschinen auf ! (Oder eine ihrer Wahl !) http://www.altavista.digital.com/ http://www.google.com/ http://www.excite.com/ http://www.infoseek.com/	a) Geben sie den Begriff: *Enzyme* ein ! b) Schränken Sie den Suchraum ein, indem sie folgende Wortgruppe eingeben: *Enzyme im Biologieunterricht* ! c) Geben Sie ein: Enzyme im Stoff- und Energiewechsel ! d) Finden sie folgende Internetseiten und geben sie deren Rangnummer an www.zum.de/Faecher/Materialien/ www.marvin.sn.schule.de www.fachberatung-biologie.de	_____ _____ _____ _____ Nummer des Suchergebnisses: _____ _____ _____
Thematische Verzeichnisse http://www.web.de http://www.yahoo.de http://www.fireball.de http://www.dino-lotse.de	Geben sie die Adresse eines Thematischen Verzeichnisses ein ! Klicken sie den Begriff: Verzeichnis an ! Wählen sie die Rubrik: **Wissenschaft und Forschung** und anschließend die Rubrik: *Schule* ! Wählen sie nun eine Rubrik: z. B. *Unterrichtsmaterialien, Schülerseiten, Hausaufgaben und Referate* oder *Lehrerseiten* aus !	Formulieren sie ihren Eindruck von dieser Art der Suche im Vergleich zu einer Suchmaschine ! _____ _____ _____ _____
Metasuchmaschine nhttp://www.metager.de http://www.webferret.de http://www.copernic98.de	Geben Sie die Wortgruppe: *Enzyme im Stoff- und Energiewechsel* ein ! Finden Sie folgende Internetadressen und geben Sie die Rangfolge an ! www.zum.de/Faecher/Materialien/ www.marvin.sn.schule.de www.fachberatung-biologie.de Vergleichen Sie die Rangfolgen der Internetseiten der Suchvorgänge mit Suchmaschine und Metasuchmaschine!	_____ Nummer des Suchergebnisses: _____ _____ _____ _____ _____

Zusammenfassung:
Vergleichen sie die Suchergebnisse aller drei Varianten mit einander !
Beurteilen Sie ihre Eignung in Bezug auf das Finden konkreter biologischer Inhalte !

_____
_____
_____
_____
_____

Arbeitsblatt 2: Übung zum Speichern und Aufrufen von Internetadressen

Für die folgenden Unterrichtsstunden werden folgende Internetseiten immer wieder benötigt.

Um einen schnelleren Zugriff zu gewährleisten empfiehlt es sich diese als sogenannte Favoriten (Lesezeichen) zu speichern.

Zu speichernde Internetseiten:

http://www.zum.de/Faecher/Materialien/

http://www.marvin.sn.schule.de/~biologie/lernen.htm

http://www.fachberatung-biologie.de

Schritte:

1. Stelle eine Verbindung zum Internet Browser her!
2. Gib die Internetadresse die gespeichert werden soll in das Browserfenster ein!
3. Klicken sie mit der rechten Maustaste auf das Fenster!
4. Auf das Feld Favoriten (Lesezeichen) hinzufügen klicken!

Gib so alle drei Internetseiten ein.

Versuche nun diese als Favoriten (Lesezeichen) gespeicherten Informationen wieder aufzurufen.

Schritte:

1. Klicke auf das Feld: Favoriten / Name des Favoriten (Lesezeichen)!
2. Wähle die gewünschte Internetseite und öffne sie durch Doppelklick mit der linken Maustaste!

Eigene Bemerkungen:

_____

_____

_____

_____

_____

Arbeitsblatt 3: Übungen zum Kopieren, Speichern und Drucken von Informationen aus dem Internet

Zum Erstellen eigener Protokolle oder Hefterseiten zu einer speziellen Thematik können sie geeignete Informationen aus dem Internet kopieren, bearbeiten und ausdrucken.

Beispiel:

Erstellen sie eine eigene Hefterseite zum Thema: Bau und Wirkungsweise von Enzymen !

1. Finden geeigneter Internetseiten: (siehe gespeicherte Favoriten)
2. Öffnen sie folgende Interseite: http://www.fachberatung-biologie.de
3. Finden sie die geeigneten Informationen !
4. Markieren sie die entsprechenden Textstellen mit der rechten Maustaste und klicken sie auf Feld kopieren !
5. Öffnen sie parallel ein neues Dokument in einem Textverarbeitungsprogramm, z. B. Word und klicken sie nun auf die rechte Maustaste und anschließend auf das Feld: Einfügen !
   Die markierten Textstellen werden nun erscheinen und können entsprechend der Aufgabe bearbeitet werden.

   Mögliche Bearbeitungen:
   – Überschriften einsetzen und hervorheben
   – Text in Stichpunkte umwandeln / Schriftart und -größe ändern
   – farbige Textstellen in schwarz umwandeln
   – falls notwendig: Seitenzahlen einfügen
   – eigene Bemerkungen ergänzen
   – offene Fragen formulieren
6. Graphiken oder Tabellen müssen meist gesondert kopiert werden, wenn sie eingerahmt im Dokument vorkommen. Dazu die Maustaste auf das zu kopierende Feld stellen und auf die rechte Mausttaste klicken, dann auf das Feld kopieren klicken und anschließend im Textverarbeitungsprogramm das Dokument an der entsprechenden Stelle durch Klick auf die rechte Maustaste einfügen !
7. Drucken der eigenen Hefterseite ist im Textverarbeitungsprogramm mit der entsprechenden Funktion: Drucken unter der Rubrik: Datei möglich.

Eigene Bemerkungen:

_____

_____

_____

_____

_____

A 3 SPSS-Daten

A 3-1 Feststellen der Computerausstattung und Internetanbindung im häuslichen Umfeld und die Häufigkeit und Art der Nutzung

Im Haushalt ist ein Computer vorhanden.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	ja	80	100,0	100,0	100,0

Ein Internetzugang ist möglich.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	ja	74	92,5	92,5	92,5
	nein		6	7,5	100,0
	Gesamt		80	100,0	

Ich nutze den Computer in meiner Freizeit.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	täglich	53	66,3	66,3	66,3
	öfter	22	27,5	27,5	93,8
	selten	4	5,0	5,0	98,8
	nicht	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Kreuztabelle

Anzahl		Ich nutze den Computer in meiner Freizeit				Gesamt
		täglich	öfter	selten	nicht	
Sex	männlich	27	5	1	0	33
	weiblich	26	17	3	1	47
Gesamt		53	22	4	1	80

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	6,307 [a])	3	,098
Likelihood-Quotient	6,905	3	,075
Zusammenhang linear-mit-linear	5,336	1	,021
Anzahl der gültigen Fälle	80		

[a]) 4 Zellen (50,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,41.

Ich nutze den Computer zur Bearbeitung schulischer Aufgaben.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	täglich	11	13,8	13,8	13,8
	öfter	56	70,0	70,0	83,8
	selten	12	15,0	15,0	98,8
	nicht	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Kreuztabelle

Anzahl		Ich nutze den Computer zur Bearbeitung schulischer Aufgaben				Gesamt
		täglich	öfter	selten	nicht	
Sex	männlich	4	20	9	0	33
	weiblich	7	36	3	1	47
Gesamt		11	56	12	1	80

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	7,159 [a])	3	,067
Likelihood-Quotient	7,528	3	,057
Zusammenhang linear-mit-linear	2,145	1	,143
Anzahl der gültigen Fälle	80		

[a]) 4 Zellen (50,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,41.

Ich nutze den Computer zum Spielen.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	täglich	16	20,0	20,0	20,0
	öfter	24	30,0	30,0	50,0
	selten	22	27,5	27,5	77,5
	nicht	18	22,5	22,5	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Kreuztabelle

Anzahl		Ich nutze den Computer zum Spielen				Gesamt
		täglich	öfter	selten	nicht	
Sex	männlich	14	11	6	2	33
	weiblich	2	13	16	16	47
Gesamt		16	24	22	18	80

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	22,851 [a])	3	,000
Likelihood-Quotient	24,940	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	21,069	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	80		

[a]) 0 Zellen (0,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 6,60.

Ich nutze das Internet als Informationsquelle für die Schule.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	täglich	11	13,8	13,8	13,8
	öfter	60	75,0	75,0	88,8
	selten	5	6,3	6,3	95,0
	nicht	4	5,0	5,0	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Kreuztabelle

Anzahl		Ich nutze den Computer als Informationsquelle für die Schule				Gesamt
		täglich	öfter	selten	nicht	
Sex	männlich	5	24	4	0	33
	weiblich	6	36	1	4	47
Gesamt		11	60	5	4	80

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	6,025 [a])	3	,110
Likelihood-Quotient	7,517	3	,057
Zusammenhang linear-mit-linear	0,425	1	,515
Anzahl der gültigen Fälle	80		

[a]) 5 Zellen (62,5 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,65.

Ich nutze das Internet als Informationsquelle für die Freizeit.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	täglich	22	27,5	27,5	27,5
	öfter	40	50,0	50,0	77,5
	selten	14	17,5	17,5	95,0
	nicht	4	5,0	5,0	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Kreuztabelle

Anzahl		Ich nutze das Internet als Informationsquelle für die Freizeit				Gesamt
		täglich	öfter	selten	nicht	
Sex	männlich	13	13	7	0	33
	weiblich	9	27	7	4	47
Gesamt		22	40	14	4	80

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	7,404 [a])	3	,060
Likelihood-Quotient	8,819	3	,032
Zusammenhang linear-mit-linear	2,821	1	,093
Anzahl der gültigen Fälle	80		

[a]) 2 Zellen (25,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,65.

Ich nutze das Internet als Kontakt- und Kommunikationsmedium.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	täglich	38	47,5	47,5	47,5
	öfter	14	17,5	17,5	65,0
	selten	23	28,8	28,8	93,8
	nicht	5	6,3	6,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Kreuztabelle

Anzahl		Ich nutze das Internet als Kontakt- und Kommunikationsmedium				Gesamt
		täglich	öfter	selten	nicht	
Sex	männlich	18	4	11	0	33
	weiblich	20	10	12	5	47
Gesamt		38	14	23	5	80

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	5,437 [a])	3	,142
Likelihood-Quotient	7,274	3	,064
Zusammenhang linear-mit-linear	1,231	1	,267
Anzahl der gültigen Fälle	80		

[a]) 2 Zellen (25,0 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 2,06.

A 3-2 Feststellen der Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schülern im Umgang mit multimedialen Arbeitstechniken unter Berücksichtigung der Zielstellung der Arbeit (t1)

1. Informationen zu einem Thema im Internet mit Hilfe von Suchmaschinen finden

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	79	98,8	98,8	98,8
	Das habe ich noch nicht gemacht	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

2. Internetadressen speichern

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	69	86,3	86,3	86,3
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	4	5,0	5,0	91,3
	Das kann ich nicht	2	2,5	2,5	93,8
	Das habe ich noch nicht gemacht	5	6,3	6,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

3. Informationen aus dem Internet in ein Textverarbeitungsprogramm (z. B. Word) kopieren

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	70	87,5	87,5	87,5
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	6	7,5	7,5	95,0
	Das kann ich nicht	3	3,8	3,8	98,8
	Das habe ich noch nicht gemacht	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

4. Informationen ausdrucken

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	79	98,8	98,8	98,8
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

5. Eigene Informationen in Word eingeben und ausdrucken

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	79	98,8	98,8	98,8
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

6. Informationen auf der Festplatte speichern

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	74	92,5	92,5	92,5
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	3	3,8	3,8	96,3
	Das habe ich noch nicht gemacht	3	3,8	3,8	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

7. Informationen auf CD-ROM oder Diskette speichern.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	71	88,8	88,8	88,8
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	8	10,0	10,0	98,8
	Das habe ich noch nicht gemacht	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

8. Kopieren von Informationen zwischen unterschiedlichen Programmen.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	65	81,3	81,3	81,3
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	8	10,0	10,0	91,3
	Das kann ich nicht	3	3,8	3,8	95,0
	Das habe ich noch nicht gemacht	4	5,0	5,0	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

9. Informationen mit Hilfe von Thematischen Verzeichnissen im Internet finden.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	48	60,0	63,2	63,2
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	3	3,8	3,9	67,1
	Das kann ich nicht	2	2,5	2,6	69,7
	Das habe ich noch nicht gemacht	23	28,8	30,3	100,0
	Gesamt	76	95,0	100,0	
Fehlend	System	4	5,0		
Gesamt		80	100,0		

10. Erstellen von Tabellen und Graphiken z. B. mit Excel

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	57	71,3	71,3	71,3
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	18	22,5	22,5	93,8
	Das habe ich noch nicht gemacht	5	6,3	6,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

11. Bearbeiten von digitalen Bildern mit Hilfe eines Bildverarbeitungsprogramms.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	45	56,3	56,3	56,3
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	22	27,5	27,5	83,8
	Das kann ich nicht	1	1,3	1,3	85,0
	Das habe ich noch nicht gemacht	12	15,0	15,0	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

12. Anschließen von digitalen Messgeräten an einen PC.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	19	23,8	23,8	23,8
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	7	8,8	8,8	32,5
	Das kann ich nicht	2	2,5	2,5	35,0
	Das habe ich noch nicht gemacht	52	65,0	65,0	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

13. Informationen mit Hilfe von Metasuchmaschinen im Internet finden.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	38	47,5	48,1	48,2
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	7	8,8	8,9	57,0
	Das kann ich nicht	1	1,3	1,3	58,2
	Das habe ich noch nicht gemacht	33	41,3	41,8	100,0
	Gesamt	79	98,8	100,0	
Fehlend	System	1	1,3		
Gesamt		80	100,0		

14. Erstellen einer PC-Präsentation, z. B. mit Power-Point.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	46	57,5	57,5	57,5
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	10	12,5	12,5	70,0
	Das kann ich nicht	1	1,3	1,3	71,3
	Das habe ich noch nicht gemacht	23	28,8	28,8	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Kreuztabelle

Anzahl			Erstellen einer PC-Präsentation, z. B. mit Power-Point				Gesamt
			Das kann ich	Da habe ich manchmal Schwierig-keiten	Das kann ich nicht	Das habe ich noch nicht gemacht	
Sex	männlich	Anzahl	27	2	1	3	33
		Erwartete Anzahl	19,0	4,1	0,4	9,5	33,0
		% von Geschlecht	81,8 %	6,1 %	3,0 %	9,1 %	100,0 %
	weiblich	Anzahl	19	8	0	20	47
		Erwartete Anzahl	27,0	5,9	0,6	13,5	47,0
		% von Geschlecht	40,4 %	17,0 %	0,0 %	42,6 %	100,0 %
Gesamt		Anzahl	46	10	1	23	80
		Erwartete Anzahl	46,0	10,0	1,0	23,0	80,0
		% von Geschlecht	57,5 %	12,5 %	1,3 %	28,8 %	100,0 %

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	16,615 [a])	3	,001
Likelihood-Quotient	18,250	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	12,216	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	80		

[a]) 3 Zellen (37,5 %) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,41.

15. Durchführen eines digitalen Messverfahrens (z. B. digitale Messung der Leitfähigkeit, der Temperatur u. a.).

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	2	2,5	2,5	2,5
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	4	5,0	5,0	7,5
	Das kann ich nicht	3	3,8	3,8	11,3
	Das habe ich noch nicht gemacht	71	88,8	88,8	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

16. Texte in einem Textverarbeitungsprogramm, z. B. Word erstellen und verändern.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	79	98,8	98,8	98,8
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

17. Arbeit mit einem Messwerterfassungsprogramm.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	2	2,5	2,5	2,5
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten	3	3,8	3,8	6,3
	Das kann ich nicht	4	5,0	5,0	11,3
	Das habe ich noch nicht gemacht	71	88,8	88,8	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

18. Internetadressen eingeben und aufrufen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich	78	97,5	97,5	97,5
	Das habe ich noch nicht gemacht	2	2,5	2,5	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

A 3-3 Testaufgaben zur Überprüfung der experimentellen Kompetenzen

Aufgabe 1

	Bewertungseinheiten	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	0	7	8,8	8,8	8,8
	2	5	6,3	6,3	15,0
	3	13	16,3	16,3	31,3
	4	55	68,8	68,8	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Aufgabe 2

	Bewertungseinheiten	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	0	1	1,3	1,3	1,3
	2	10	12,5	12,5	13,8
	3	16	20,0	20,0	33,8
	4	53	66,3	66,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Aufgabe 3

	Bewertungseinheiten	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	3	1	1,3	1,3	1,3
	4	3	3,8	3,8	5,0
	5	19	23,8	23,8	28,8
	6	57	71,3	71,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Aufgabe 4

	Bewertungseinheiten	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	1	1	1,3	1,3	1,3
	2	7	8,8	8,8	10,0
	3	72	90,0	90,0	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Aufgabe 5

	Bewertungseinheiten	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	0	42	52,5	52,5	52,5
	1	22	27,5	27,5	80,0
	2	5	6,3	6,3	86,3
	3	11	13,8	13,8	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

A 3-4 Beurteilung des experimentellen Arbeitens der Schüler durch die unterrichtenden Lehrer (t1)

1. Zielbestimmung

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	8	50,0	50,0	50,0
	mit kleinen Hilfen	8	50,0	50,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

2. Verfahrensplanung

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	11	68,8	68,8	68,8
	mit kleinen Hilfen	5	31,2	31,2	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

3. Zeitplanung

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	6	37,5	37,5	37,5
	mit kleinen Hilfen	8	50,0	50,0	87,5
	nur mit Hilfe	2	12,5	12,5	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	5	31,2	31,2	31,2
	nur einzelne	11	68,8	68,8	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

4. Geräte- und Materialplanung

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	11	68,8	68,8	68,8
	mit kleinen Hilfen	5	31,2	31,2	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

5. Bereitstellen fachlicher Informationen

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	11	68,8	68,8	68,8
	mit kleinen Hilfen	5	31,2	31,2	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	2	12,5	12,5	12,5
	nur einzelne	14	87,5	87,5	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

6. Vorbereitung des Protokolls

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	15	93,8	93,8	93,8
	mit kleinen Hilfen	1	6,2	6,2	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	2	12,5	12,5	12,5
	nur einzelne	14	87,5	87,5	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

7. Aufbau der Experimentieranordnung

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	13	81,2	81,2	81,2
	mit kleinen Hilfen	3	18,8	18,8	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	4	25,0	25,0	25,0
	nur einzelne	12	75,0	75,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

8. Feinplanung der Arbeitsschritte

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	9	56,2	56,2	56,2
	mit kleinen Hilfen	7	43,8	43,8	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	10	62,5	62,5	62,5
	nur einzelne	6	37,5	37,5	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

9. Durchführung des Experimentes

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	10	62,5	62,5	62,5
	nur einzelne	6	37,5	37,5	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

10. Darstellung der Ergebnisse

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	14	87,5	87,5	87,5
	mit kleinen Hilfen	2	12,5	12,5	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	4	25,0	25,0	25,0
	nur einzelne	12	75,0	75,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

11. Interpretation der Ergebnisse

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	12	75,5	75,5	75,5
	mit kleinen Hilfen	4	25,5	25,5	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	13	81,2	81,2	81,2
	nur einzelne	3	18,8	18,8	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

A 3-5 Ermittlung der Behaltensleistung in Bezug auf die erworbenen experimentellen Kompetenzen (t2)

1. Zielbestimmung

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	13	81,2	81,2	81,2
	mit kleinen Hilfen	3	18,8	18,8	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

2. Verfahrensplanung

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	15	93,8	93,8	93,8
	mit kleinen Hilfen	1	6,2	6,2	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

3. Zeitplanung

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	10	62,5	62,5	62,5
	mit kleinen Hilfen	6	37,5	37,5	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

4. Geräte- und Materialplanung

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	12	75,0	75,0	75,0
	nur einzelne	4	25,0	25,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

5. Bereitstellung fachlicher Informationen

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	5	31,3	31,3	31,3
	nur einzelne	10	62,4	62,4	93,7
	nur einer	1	6,3	6,3	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

6. Vorbereitung des Protokolls

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	2	12,5	12,5	12,5
	nur einzelne	14	87,5	87,5	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

7. Aufbau der Experimentieranordnung

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	12	75,0	75,0	75,0
	mit kleinen Hilfen	4	25,0	25,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	nur einzelne	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

8. Feinplanung der Arbeitsschritte

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	14	87,5	87,5	87,5
	nur einzelne	2	12,5	12,5	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

9. Durchführung des Experimentes

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

10. Darstellung der Ergebnisse

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

11. Interpretation der Ergebnisse

Qualität der Ausführung		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	selbständig	11	68,8	68,8	68,8
	mit kleinen Hilfen	5	31,2	31,2	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

Beteiligung der Schüler		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	alle	16	100,0	100,0	100,0
Gesamt		16	100,0	100,0	

A 3-6 Wilcoxon-Test (Nichtparametrischer Test) für A 3-5 (t2) minus A3-4 (t1)

Ränge

Qualität der Ausführung		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
1. (t2) – 1. (t1)	Negative Ränge	6	4,00	24,00
	Positive Ränge	1	4,00	4,00
	Bindungen	9		
	Gesamt	16		
2. (t2) – 2. (t1)	Negative Ränge	4	2,50	10,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	12		
	Gesamt	16		
3. (t2) – 3. (t1)	Negative Ränge	7	5,93	41,50
	Positive Ränge	3	4,50	13,50
	Bindungen	6		
	Gesamt	16		
4. (t2) – 4. (t1)	Negative Ränge	5	3,00	15,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	11		
	Gesamt	16		
5. (t2) – 5. (t1)	Negative Ränge	5	3,00	15,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	11		
	Gesamt	16		
6. (t2) – 6. (t1)	Negative Ränge	1	1,00	1,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	15		
	Gesamt	16		
7. (t2) – 7. (t1)	Negative Ränge	2	3,00	6,00
	Positive Ränge	3	3,00	9,00
	Bindungen	11		
	Gesamt	16		
8. (t2) – 8. (t1)	Negative Ränge	7	4,90	28,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	9		
	Gesamt	16		
9. (t2) – 9. (t1)	Negative Ränge	0	0,00	0,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	16		
	Gesamt	16		
10. (t2) – 10. (t1)	Negative Ränge	2	1,50	3,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	14		
	Gesamt	16		
11. (t2) – 11. (t1)	Negative Ränge	3	4,00	12,00
	Positive Ränge	4	4,00	16,00
	Bindungen	9		
	Gesamt	16		

Qualität der Ausführung		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
1. (t2) – 1. (t1)	Negative Ränge	0	0,00	0,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	16		
	Gesamt	16		
2. (t2) – 2. (t1)	Negative Ränge	0	0,00	0,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	16		
	Gesamt	16		
3. (t2) – 3. (t1)	Negative Ränge	11	6,00	66,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	5		
	Gesamt	16		
4. (t2) – 4. (t1)	Negative Ränge	0	0,00	0,00
	Positive Ränge	4	2,50	10,00
	Bindungen	12		
	Gesamt	16		
5. (t2) – 5. (t1)	Negative Ränge	5	4,50	22,50
	Positive Ränge	3	4,50	13,50
	Bindungen	8		
	Gesamt	16		
6. (t2) – 6. (t1)	Negative Ränge	2	2,50	5,00
	Positive Ränge	2	2,50	5,00
	Bindungen	12		
	Gesamt	16		
7. (t2) – 7. (t1)	Negative Ränge	0	0,00	0,00
	Positive Ränge	4	2,50	10,00
	Bindungen	12		
	Gesamt	16		
8. (t2) – 8. (t1)	Negative Ränge	5	3,50	17,50
	Positive Ränge	1	3,50	3,00
	Bindungen	10		
	Gesamt	16		
9. (t2) – 9. (t1)	Negative Ränge	11	6,00	66,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	5		
	Gesamt	16		
10. (t2) – 10. (t1)	Negative Ränge	12	6,50	78,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	4		
	Gesamt	16		
11. (t2) – 11. (t1)	Negative Ränge	3	2,00	6,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	13		
	Gesamt	16		

Negative Ränge (t2) < (t1)
Positive Ränge (t2) > (t1)
Bindungen (t2) = (t1)

Statistik für Test(d)

Qualität der Ausführung

	1. (t2) – 1. (t1)	2. (t2) – 2. (t1)	3. (t2) – 3. (t1)	4. (t2) – 4. (t1)	5. (t2) – 5. (t1)	6. (t2) – 6. (t1)
Z	–1,890(a)	–2,000(a)	–1,513(a)	–2,236(a)	–2,236(a)	–1,000(a)
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,059	0,046	0,130	0,025	0,025	0,317

	7. (t2) – 7. (t1)	8. (t2) – 8. (t1)	9. (t2) – 9. (t1)	10. (t2) – 10. (t1)	11. (t2) – 11. (t1)
Z	–0,447(b)	–2,646(a)	0,000(c)	–1,414(a)	–,378(b)
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,655	0,008	1,000	0,157	0,705

Beteiligung der Schüler

	1. (t2) – 1. (t1)	2. (t2) – 2. (t1)	3. (t2) – 3. (t1)	4. (t2) – 4. (t1)	5. (t2) – 5. (t1)	6. (t2) – 6. (t1)
Z	0,000(c)	0,000(c)	–3,317(a)	–2,000(b)	–0,707(a)	0,000(c)
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	1,000	1,000	0,001	0,046	0,480	1,000

	7. (t2) – 7. (t1)	8. (t2) – 8. (t1)	9. (t2) – 9. (t1)	10. (t2) – 10. (t1)	11. (t2) – 11. (t1)
Z	–2,000(b)	–1,633(a)	–3,317(a)	–3,464(a)	–1,732(a)
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,046	0,102	0,001	0,001	0,083

a Basiert auf positiven Rängen.

b Basiert auf negativen Rängen.

c Die Summe der negativen Ränge ist gleich der Summe der positiven Ränge.

d Wilcoxon-Test

A 3-7 Leistungstest in Bezug auf die kognitiven Lernziele der Unterrichtseinheit

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		N.t1	N.t2	N.t3	N.E
N		80	80	79	80
Parameter der Normalverteilung (a, b)	Mittelwert	8,96	9,40	8,66	10,16
	Standardabweichung	2,089	2,442	2,674	3,050
Extremste Differenzen	Absolut	0,120	0,147	0,084	0,127
	Positiv	0,093	0,094	0,074	0,064
	Negativ	–0,120	–0,147	–0,084	–0,127
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,070	1,319	0,751	1,132
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,202	0,062	0,626	0,154

a Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
b Aus den Daten berechnet.

Vergleich der Mittelwerte der Notenpunkte von drei Kurshalbjahren und des Leistungstestes

		N.t1	N.t2	N.t3	N.E
N	Gültig	80	80	79	80
	Fehlend	0	0	1	0
Mittelwert		8,96	9,40	8,66	10,16

N.t1 – Mittelwert des ersten KHJ
N.t2 – Mittelwert des zweiten KHJ
N.t3 – Mittelwert des dritten KHJ
N.E – Mittelwert des Leistungstests

Verteilung der Notenpunkte im ersten KHJ (N.t1)

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	3	1	1,3	1,3	1,3
	4	1	1,3	1,3	2,5
	5	2	2,5	2,5	5,0
	6	5	6,3	6,3	11,3
	7	10	12,5	12,5	23,8
	8	12	15,0	15,0	38,8
	9	17	21,3	21,3	60,0
	10	13	16,3	16,3	76,3
	11	10	12,5	12,5	88,8
	12	6	7,5	7,5	96,3
	13	3	3,8	3,8	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Verteilung der Notenpunkte im zweiten KHJ (N.t2)

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	3	1	1,3	1,3	1,3
	4	2	2,5	2,5	3,8
	5	3	3,8	3,8	7,5
	6	6	7,5	7,5	15,0
	7	5	6,3	6,3	21,3
	8	6	7,5	7,5	28,8
	9	15	18,8	18,8	47,5
	10	13	16,3	16,3	63,8
	11	16	20,0	20,0	83,8
	12	6	7,5	7,5	91,3
	13	4	5,0	5,0	96,3
	14	3	3,8	3,8	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

Verteilung der Notenpunkte im dritten KHJ(N.t3)

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	1	1	1,3	1,3	1,3
	3	2	2,5	2,5	3,8
	4	1	1,3	1,3	5,1
	5	6	7,5	7,6	12,7
	6	5	6,3	6,3	19,0
	7	12	15,0	15,2	34,2
	8	10	12,5	12,7	46,8
	9	11	13,8	13,9	60,8
	10	11	13,8	13,9	74,7
	11	7	8,8	8,9	83,5
	12	7	8,8	8,9	92,4
	13	5	6,3	6,3	98,7
	14	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	79	98,8	100,0	
Fehlend	System	1	1,3		
Gesamt		80	100,0		

Verteilung der Notenpunkte im Leistungstest (N.E)

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	1	1	1,3	1,3	1,3
	3	1	1,3	1,3	2,5
	4	1	1,3	1,3	3,8
	5	3	3,8	3,8	7,5
	6	4	5,0	5,0	12,5
	7	6	7,5	7,5	20,0
	8	7	8,8	8,8	28,8
	9	7	8,8	8,8	37,5
	10	12	15,0	15,0	52,5
	11	6	7,5	7,5	60,0
	12	10	12,5	12,5	72,5
	13	13	16,3	16,3	88,8
	14	5	6,3	6,3	95,0
	15	4	5,0	5,0	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

T-Test

Statistik bei gepaarten Stichproben

		Mittelwert	N	Standardab weichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	N.t1	8,96	80	2,089	0,234
	N.E	10,16	80	3,050	0,341
Paaren 2	N.t2	9,40	80	2,442	0,273
	N.E	10,16	80	3,050	0,341
Paaren 3	N.t3	8,66	79	2,674	0,301
	N.E	10,25	79	2,959	0,333

Korrelationen bei gepaarten Stichproben

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	N.t1 & N.E	80	0,762	0,000
Paaren 2	N.t2 & N.E	80	0,899	0,000
Paaren 3	N.t3 & N.E	79	0,747	0,000

Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittel-wert	Stan-dardab-wei-chung	Stan-dardfeh-ler des Mittel-wertes	95% Konfidenzinter-vall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	N.t1 – N.E	–1,200	1,990	0,222	–1,643	–,757	–5,394	79	0,000
Paaren 2	N.t2 – N.E	–,762	1,371	0,153	–1,068	–0,457	–4,975	79	0,000
Paaren 3	N.t3 – N.E	–1,595	2,022	0,228	–2,048	–1,142	–7,009	78	0,000

A 3-8 Ermitteln der erworbenen bzw. erweiterten Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit multimedialen Arbeitstechniken (t2)

1. Informationen zu einem Thema im Internet mit Hilfe von Suchmaschinen finden

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	80	100,0	100,0	100,0

2. Internetadressen speichern

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	77	96,3	96,3	96,3
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	3	3,8	3,8	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

3. Informationen aus dem Internet in ein Textverarbeitungsprogramm (z. B. Word) kopieren

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	73	91,3	91,3	91,3
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	7	8,8	8,8	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

4. Informationen ausdrucken

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	79	98,8	98,8	98,8
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

5. eigene Informationen in Word eingeben und ausdrucken

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	79	98,8	98,8	98,8
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

6. Informationen auf der Festplatte speichern

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	78	97,5	97,5	97,5
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	2	2,5	2,5	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

7. Informationen auf CD-ROM oder Diskette speichern.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	72	90,0	90,0	90,0
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	8	10,0	10,0	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

8. Kopieren von Informationen zwischen unterschiedlichen Programmen.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	72	90,0	90,0	90,0
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	8	10,0	10,0	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

9. Informationen mit Hilfe von Thematischen Verzeichnissen im Internet finden.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	63	78,8	78,8	78,8
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	5	6,3	6,3	85,0
	Das kann ich nicht.	12	15,0	15,0	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

10. Erstellen von Tabellen und Graphiken z. B. mit Excel

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	58	72,5	72,5	72,5
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	19	23,8	23,8	96,3
	Das kann ich nicht.	3	3,8	3,8	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

11. Bearbeiten von digitalen Bildern mit Hilfe eines Bildverarbeitungsprogramms

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	48	60,0	60,0	60,0
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	28	35,0	35,0	95,0
	Das kann ich nicht.	4	5,0	5,0	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

12. Anschließen von digitalen Messgeräten an einen PC

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	79	98,8	98,8	98,8
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

13. Informationen mit Hilfe von Metasuchmaschinen im Internet finden.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	57	71,3	71,3	71,3
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	10	12,5	12,5	83,8
	Das kann ich nicht.	13	16,3	16,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

14. Erstellen einer PC-Präsentation, z. B. mit Power-Point

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	60	75,0	75,0	75,0
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	19	23,8	23,8	98,8
	Das kann ich nicht.	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

15. Durchführen eines digitalen Messverfahrens (z. B. digitale Messung der Leitfähigkeit, der Temperatur u.a.)

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	71	88,8	88,8	88,8
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	9	11,3	11,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

16. Texte in einem Textverarbeitungsprogramm, z. B. Word erstellen und verändern

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	79	98,8	98,8	98,8
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	1	1,3	1,3	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

17. Arbeit mit einem Messwerterfassungsprogramm

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	54	67,5	67,5	67,5
	Da habe ich manchmal Schwierigkeiten.	26	32,5	32,5	100,0
	Gesamt	80	100,0	100,0	

18. Internetadressen eingeben und aufrufen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Das kann ich.	80	100,0	100,0	100,0

A3-9 Wilcoxon-Test (Nichtparametrischer Test) für A3-8 (t2) minus A3-2 (t1)

Ränge

		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
1. (t2) – 1. (t1)	Negative Ränge	1	1,00	1,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	79		
	Gesamt	80		
2. (t2) – 2. (t1)	Negative Ränge	9	5,00	45,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	71		
	Gesamt	80		
3. (t2) – 3. (t1)	Negative Ränge	5	3,00	15,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	75		
	Gesamt	80		
4. (t2) – 4. (t1)	Negative Ränge	0	0,00	0,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	80		
	Gesamt	80		
5. (t2) – 5. (t1)	Negative Ränge	0	0,00	0,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	80		
	Gesamt	80		
6. (t2) – 6. (t1)	Negative Ränge	4	2,50	10,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	76		
	Gesamt	80		
7. (t2) – 7. (t1)	Negative Ränge	2	1,50	3,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	78		
	Gesamt	80		
8. (t2) – 8. (t1)	Negative Ränge	9	5,00	45,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	71		
	Gesamt	80		
9. (t2) – 9. (t1)	Negative Ränge	24	12,50	300,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	52		
	Gesamt	76		
10. (t2) – 10. (t1)	Negative Ränge	6	3,50	21,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	74		
	Gesamt	80		
11. (t2) – 11. (t1)	Negative Ränge	15	8,00	120,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	65		
	Gesamt	80		

		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
12. (t2) – 12. (t1)	Negative Ränge	60	30,50	1830,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	20		
	Gesamt	80		
13. (t2) – 13. (t1)	Negative Ränge	33	17,00	561,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	46		
	Gesamt	79		
14. (t2) – 14. (t1)	Negative Ränge	25	13,00	325,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	55		
	Gesamt	80		
15. (t2) – 15. (t1)	Negative Ränge	77	39,00	3003,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	3		
	Gesamt	80		
16. (t2) – 16. (t1)	Negative Ränge	0	0,00	0,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	80		
	Gesamt	80		
17. (t2) – 17. (t1)	Negative Ränge	77	39,00	3003,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	3		
	Gesamt	80		
18. (t2) – 18. (t1)	Negative Ränge	2	1,50	3,00
	Positive Ränge	0	0,00	0,00
	Bindungen	78		
	Gesamt	80		

Negative Ränge (t2) < (t1)
Positive Ränge (t2) > (t1)
Bindungen (t2) = (t1)

Statistik für Test (c)

	1. (t2) – 1. (t1)	2. (t2) – 2. (t1)	3. (t2) – 3. (t1)	4. (t2) – 4. (t1)	5. (t2) – 5. (t1)	6. (t2) – 6. (t1)
Z	–1,000(a)	–2,701(a)	–2,060(a)	0,000(b)	0,000(b)	–1,890(a)
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,317	0,007	0,039	1,000	1,000	0,059

	7. (t2) – 7. (t1)	8. (t2) – 8. (t1)	9. (t2) – 9. (t1)	10. (t2) – 10. (t1)	11. (t2) – 11. (t1)	12. (t2) – 12. (t1)
Z	–1,342(a)	–2,694(a)	–4,419(a)	–2,271(a)	–3,487(a)	–7,345(a)
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,180	0,007	0,000	0,023	0,000	0,000

	13. (t2) – 13. (t1)	14. (t2) – 14. (t1)	15. (t2) – 15. (t1)	16. (t2) – 16. (t1)	17. (t2) – 17. (t1)	18. (t2) – 18. (t1)
Z	–5,143(a)	–4,476(a)	–8,197(a)	0,000(b)	–7,886(a)	–1,414(a)
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,157

a Basiert auf positiven Rängen.
b Die Summe der negativen Ränge ist gleich der Summe der positiven Ränge.
c Wilcoxon-Test

Danksagung

Hier möchte ich all jenen danken, die zum Entstehen und Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

An erster Stelle gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Wolfgang Lerchner, der mir die Möglichkeit gab, mich in dieser Form mit dieser Thematik auseinander zu setzen. Sein großes Interesse am Fortgang der Arbeit, ideenreiche Diskussionen sowie Kritik und Anregungen zum Manuskript, haben die vorliegende Arbeit in dieser Form ermöglicht.

Dem Norbertusgymnasium Magdeburg möchte ich für die Unterstützung bei der Realisierung der Unterrichtseinheit danken. Insbesondere Herrn Wiemeyer danke ich für die Schaffung der entsprechenden Rahmenbedingungen und für sein Vertrauen in meine Arbeit. Ohne die Offenheit und Kooperation der Kollegen der Fachschaft Biologie wäre ein solches Projekt nicht realisierbar gewesen.

Der Firma Phywe, vertreten durch Herrn Dr. Reinhard Döbel, danke ich für die Bereitstellung der computerunterstützten Messsysteme.

Frau Ingrid Haufe danke ich für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung der empirischen Daten.

Mein besonderer Dank gilt außerdem meiner Familie, die mich in den letzten Jahren immer wieder unterstützt hat. Vor allem meinem Mann möchte ich für die liebevolle Betreuung unserer Kinder in vielen meiner Arbeitsphasen und für seine konstruktiven Gespräche und Diskussionen, die wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben, danken.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die, den Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen, als solche kenntlich gemacht habe.

Ort und Datum

Unterschrift

Lebenslauf

Persönliche Daten

Familienname	Grimmer
Geburtsname	Albrecht
Vorname	Anja
Geburtsdatum	21. 10. 1971
Geburtsort	Köthen
Familienstand	verheiratet, seit dem 25. 08. 1994
Kinder	zwei (Michael, geb. 06. 02. 1997; Caroline, geb. 01. 05. 1999)
Staatsangehörigkeit	deutsch
Konfession	römisch-katholisch

Bildungsweg

Sept. 1978 – Aug. 1988	Polytechnische Oberschule Wörbzig
Sept. 1988 – Aug. 1990	Erweiterte Polytechnische Goethe-Oberschule Köthen, Abitur
Sept. 1990 – Aug. 1995	Studium Lehramt an Gymnasien der Fachkombination Biologie / Chemie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Sept. 1995 – März 1998	Vorbereitungsdienst für das Lehramt an Gymnasien Studienseminar Dessau
März 1998 – Juli 1999	Staatliches Schulamt Magdeburg (Lehrkraft zur Erteilung von Vertretungsunterricht)
Aug. 1999 – Juli 2002	vollbeschäftigte Angestellte im Staatlichen Schulamt Magdeburg (Einsatzort: Sekundarschulen Gerwisch und Tuchheim)
seit August 2002	vollbeschäftigte Angestellte der Edith Stein Schulstiftung Magdeburg (Einsatzort: Norbertusgymnasium Magdeburg)

Wörmlitz, den 20. 07. 2007