

Krüger, Dirk

## Entwicklungsorientierte Evaluation im computergestützten Gentechnikunterricht

*Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* : ZfDN 8 (2002), S. 133-150



Quellenangabe/ Reference:

Krüger, Dirk: Entwicklungsorientierte Evaluation im computergestützten Gentechnikunterricht - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 8 (2002), S. 133-150 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315735 - DOI: 10.25656/01:31573

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315735>

<https://doi.org/10.25656/01:31573>

in Kooperation mit / in cooperation with:



**IPN**

Leibniz-Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

### Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

### Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation  
Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)

Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

DIRK KRÜGER

## Entwicklungsorientierte Evaluation im computergestützten Gentechnikunterricht

### Zusammenfassung:

Die vorliegende Feldstudie mit 257 Schülern ermöglicht fundierte Aussagen hinsichtlich der Interessen, Erwartungen, des emotionalen Empfindens und Lernens von Schülern im computergestützten Gentechnikunterricht. Sie zeigt Qualitäten des didaktisch strukturierten „Lernprogramms Gentechnik“ auf. Durch das hohe Interesse der Schüler am Computer wie auch am Thema verspricht der computergestützte Gentechnikunterricht Vermittlungserfolge. Die Schüler äußern eine hohe Erwartung an den computergestützten Unterricht, die bei den Jungen aus dem Interesse am Computer und bei den Mädchen aus dem Interesse am Inhalt resultiert. Dabei beeinflusst der Computereinsatz die Schüler emotional nicht. Es wird ein zufriedenstellender Vermittlungserfolg im gentechnischen Bereich der Methoden und eingeschränkt bei den Anwendungen nachgewiesen. Der mediale Zugang erleichtert leistungsschwächeren Schülern das Lernen nicht. Die Schüler bevorzugen das „Lernprogramm Gentechnik“ wegen der besseren Struktur, der leichteren Verständlichkeit und der Möglichkeit, das Verständnis zu überprüfen.

### Abstract:

The present field study involving 257 students offers well-founded evidence on the interests, expectations, feelings and methods of learning of students in computer-based genetic engineering instruction. It demonstrates features of the systematically designed „Lernprogramm Gentechnik“. As the students are very interested in computers as well as in the subject, teaching computer-based genetic engineering promises learning success. The students express high expectations of computer-based teaching, which in the case of the boys results from their interest in computers and the girls from their interest in the subject itself. The use of the computer does not affect the students emotionally. Satisfactory success in learning genetic engineering methods is demonstrated, with less success in its application. Access to the media does not facilitate learning for students of lower ability. The students prefer the „Lernprogramm Gentechnik“, because of its improved structure, easier comprehensibility and the opportunity to verify their understanding.

### 1. Einleitung

Eine originäre Besonderheit des Biologieunterrichts im Kanon der Unterrichtsfächer besteht darin, dass mit Hilfe biologischer Arbeitsweisen die Phänomene der lebendigen Natur erschlossen werden können. Die eingeschränkten experimentellen Gestaltungsmöglichkeiten durch die indirekten Nachweismethoden und teuren Apparaturen im Gentechnikunterricht (Krüger, 2000) machen es nicht leicht, diesen Charakter des Biologieunterrichts bei diesem Thema aufrechtzuerhalten.

Im Folgenden geht es darum, als alternative Vermittlungsform das didaktische Potenzial von Computerprogrammen für den Gentech-

nikunterricht einzuschätzen und die Entwicklung eines eigenen Lernprogramm-Prototypen zu evaluieren. Unter der kommerziell erhältlichen Software zum Thema wurde seinerzeit nur der Einsatz des Programms „Genetik und Gentechnologie“ [PGG] (FWU, 1999) im Unterricht als lohnenswert eingestuft (Krüger, 2000, in Druck (b)). Der offensichtliche Mangel unterrichtstauglicher Programme zur Gentechnik veranlasste die durchgängig didaktisch begleitete Entwicklung des Lernprogramms Gentechnik [LPG] (Krüger, 2002). Dabei wurden die Ergebnisse empirischer Untersuchungen zu Einstellungen, Vorstellungen und Interessen von Schülern zur Genetik und Gentechnik (Gebhard, Feld-

mann & Bremekamp, 1994; Frerichs, 1999; Todt & Götz, 1997, 1998) berücksichtigt.

Für die formative Evaluation des LPG wurden die aktuellen Forschungsergebnisse zur computergestützten Instruktion beachtet (Berger, Lu, Belzer & Voss, 1994; Urhane, Prenzel, von Davier, Senkbeil & Bleschke, 2000; Rindermann, 2001). Der Stand dieser Forschung lässt sich aus drei Perspektiven beschreiben:

- *Lernpsychologische Perspektive*

Unter diesem Blickwinkel werden kognitive und affektiv-motivationale Aspekte beim Lernenden und die Effektivität des Lernens untersucht (Clark, 1994; Leutner, 2002). Metaanalysen von Medienvergleichsstudien zeigen ein effizienteres Lernen in kürzerer Zeit durch computergestützte Instruktionen (Berger, Lu, Belzer & Voss, 1994). Dabei reduziert sich die Effektivität allerdings, wenn man die Konfundierung des Mediums mit der Lehrmethode (Mayer, 1997) und dem Neuigkeitseffekt beim Computereinsatz (Clark, 1994) berücksichtigt.

- *Medienpsychologische Perspektive*

Hierunter werden die Bedingungen untersucht, die eine instruktionale Maßnahme am Computer zur Unterstützung des Wissenserwerbs erfüllt. Dabei zeigt sich, dass die zeitlich zusammengehörige Darbietung von Text, Bild und Ton das Entwickeln kreativer Lösungen steigern kann (Mayer, 1997). Während die Vorteile von Animationen gegenüber statischen Bildern beim Lernen nicht eindeutig belegt sind (Lewalter, 1997, Nerdel, Prechtel & Bayrhuber, in Druck), verbessert beim Einsatz von Simulationen die freie Auswahl von Lernwegen (Zuckerman, Porac, Lathin, Smith & Deci, 1978) oder ermutigende Rückmeldungen über den Lernfortschritt (Azevedo & Bernard, 1995) das Lernen. Schließlich werden die Erfolge beim Lernen mit Hypertexten, in denen eine netzartige Verknüpfungsstruktur zwischen Dokumenten angeboten wird, als begrenzt eingestuft (Dillon & Gabbard, 1998).

- *Didaktisch situierte Perspektive*

Im Zusammenhang mit der Lernsituation werden die Möglichkeiten zum Aufbau situationaler Bezüge untersucht. Eine Maßnahme

zur Vermeidung trägen Wissens ist hierbei das problem- und fallorientierte Lernen (Gräsel, Mandl, Fischer & Gärtner, 1994).

Die folgende Untersuchung hat lernpsychologische Forschungsschwerpunkte. Sie liefert Ergebnisse zum kognitiven Vermittlungserfolg in Abhängigkeit vom Interesse und den Erwartungen an den computergestützten Gentechnikunterricht. Dabei werden bereits veröffentlichte Ergebnisse (Krüger, in Druck) mit Bezug auf eine ergänzende zweite Studie weitergeführt und qualitativ vertieft. Die Untersuchung macht eine Beurteilung der didaktischen Entwicklung in der konkreten Unterrichtssituation möglich. Dabei werden unterrichtsrelevante Aspekte insbesondere aus den Antworten offener Fragen der Evaluation für die didaktische Strukturierung eines computergestützten Gentechnikunterrichts identifiziert. Das Augenmerk liegt hier auf dem qualitativen Aussagewert von Lernervorstellungen, wie sie vor und nach der Arbeit mit den Programmen geäußert werden.

## 2. Theoretischer Rahmen

Bei der Entwicklung des LPG ging es mit Bezug auf das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997) darum, das fachliche Wissen über Gentechnik unter Berücksichtigung der Schülervorstellungen zum Thema didaktisch zu strukturieren. Damit sollte der Inhalt möglichst exakt aufgebaut und abgebildet werden. Die Programmierung wurde auf klar strukturierte Inhaltsbereiche und Problemstellungen konzentriert und eingeschränkt (Jungmann, 1997; Nathan & Resnick, 1994). Die Lernwirksamkeit der implementierten Animationen mit ergänzender Erläuterung in Texten (Mayer, 1997) sollte durch die zeitgleiche Aktivierung von Lernstrategien bei der Bearbeitung von Arbeitsblättern erhöht werden (Weinstein & Mayer, 1986; Lewalter, 1997). Im Rahmen formativer Evaluation wurden Lernerwünsche in Bezug auf die zur Verfügung gestellten Lernhilfen und Übungen sowie die programminterne Moderation berücksichtigt (Gerstenmai-

er & Mandl, 1995; Clements & Battista, 2000). Die in die Evaluation einbezogenen Fragestellungen beziehen sich im Wesentlichen auf das Denken, Fühlen und Wollen der Lernenden unter lernpsychologischer Schwerpunktsetzung. Dazu gehört auch das Identifizieren von Lernervorstellungen. Beim Lernen wird ein Zusammenhang zwischen Kognition, Interesse und Motivation (Schiefele, 1991; Krapp, 1993) postuliert und bei den Fragestellungen berücksichtigt.

### 3. Fragestellungen und Hypothesen der Untersuchung

Im Rahmen formativer Evaluation soll die aktuelle Version des Prototypen des LPG im Unterricht beurteilt werden. Dabei steht seine Optimierung im Blickpunkt. Aber auch im Sinne einer summativen Evaluation wird die Effektivitätsuntersuchung der bereits erprobten und weitgehend ausgereiften Entwicklung angestrebt (Clements & Battista, 2000).

Im Mittelpunkt steht dabei die Frage nach dem Einfluss des computergestützten Gentechnikunterrichts auf den Lerner. Dazu wurden Fragen zum Interesse, aktuellen emotionalen Empfinden, zur Motivation, Erwartung an den Computer, Beurteilung des computergestützten Biologieunterrichts, zu Vorstellungen sowie zum subjektiv empfundenen und tatsächlich messbaren Lernerfolg entwickelt. Schließlich wird untersucht, ob die Schüler Merkmale und Unterschiede der biologiedidaktisch geleiteten Strukturierung des LPG gegenüber der fachlich und medienpädagogisch basierten Entwicklung des PGG identifizieren und als lernwirksam beurteilen.

Die konkreten Fragen der Feldstudie lauten:

- Welches aktuelle Gegenstandsinteresse besitzen Schüler an einem computergestützten Gentechnikunterricht?
- Welche Erwartungen haben Schüler an einen computergestützten Unterricht?
- Beeinflusst der computergestützte Unterricht das emotionale Befinden der Schüler?
- Lernen die Schüler in einem computergestützten Unterricht Gentechnik?

- Welche Vorstellungen zur Genetik und Gentechnik äußern die Schüler?
- Lassen die Aussagen der Schüler Rückschlüsse auf die Vorzüge bzw. Mängel der eingesetzten Programme zu?

Zwischen den erhobenen affektiven und kognitiven Faktoren wurden vor der Untersuchung Zusammenhänge in Hypothesen formuliert:

- $H_1$ : Die Erwartung an den computergestützten Unterricht variiert in Abhängigkeit vom Geschlecht, vom Interesse an Computern, Biologie und Gentechnik, von der Schulleistung, von der allgemeinen Nutzung des Computers.  $H_{1-0}$ : Die Erwartung hängt nicht von den genannten Faktoren ab.
- $H_2$ : Die aktuelle emotionale Situation variiert in Abhängigkeit vom Geschlecht, von der Schulleistung, vom Interesse an Computern, Biologie und Gentechnik.  $H_{2-0}$ : Die emotionale Situation hängt nicht von den genannten Faktoren ab.
- $H_3$ : Das Lernen gentechnischer Inhalte variiert in Abhängigkeit vom Geschlecht, vom Interesse an Computern, Biologie und Gentechnik, von der Schulleistung, von der allgemeinen Nutzung des Computers.  $H_{3-0}$ : Das Lernen hängt nicht von den genannten Faktoren ab.
- $H_4$ : Die Wahl eines der Programme variiert in Abhängigkeit vom Geschlecht, vom Interesse am Computer, von der Schulleistung, von der allgemeinen Nutzung des Computers, von der subjektiven Kenntnis über Computer.  $H_{4-0}$ : Die Wahl hängt nicht von den genannten Faktoren ab.

### 4. Untersuchungsdesign und Methode

In zwei Feldstudien im Biologieunterricht der Sekundarstufe II wurden gentechnischen Inhalte unter wechselndem Einsatz des LPG und des PGG vermittelt. Die zwei Programme unterscheiden sich wesentlich in der Navigation. Das PGG erlaubt mit seiner Hypertextstruktur ein freies Navigieren, das LPG weist dem Lerner mit seiner verzweigt-linea-

ren tutoriellen Struktur unterschiedliche Lernwege zu. Beide Programme veranschaulichen gentechnische Prozesse über Animationen, die Übungsmöglichkeiten sind im LPG vielfältiger. Die Inhalte im PGG werden auf einem höheren biochemischen Niveau präsentiert, außerdem ist das Design des PGG gegenüber dem in der Evaluation eingesetzten Prototypen des LPG professioneller.

Der Zeitrahmen war auf drei unmittelbar aufeinander folgende Doppelstunden begrenzt. In den ersten beiden Doppelstunden lernten die Schüler beide Programme kennen. In der dritten Doppelstunde wählten die Schüler eines der beiden Programme mit einem vom Lehrer vorher festgelegten gentechnischen Inhalt aus (Tab. 1). Dieses Vorgehen garantierte einen Unterricht, bei dem die Vermittlung im Wesentlichen durch die eingesetzten Computerprogramme erfolgte. Der Lehrer stand im Hintergrund zur Beratung bereit. Jede Einheit des LPG wurde im Rahmen formativer Evaluation vor dem Einsatz in dieser Feldstudie auf die Angemessenheit der inhaltlichen Anforderungen und Bedienerfreundlichkeit mit Schülern überprüft.

Die Veränderung der Reihenfolge des Einsatzes der beiden Programme in den ersten bei-

den Doppelstunden in Studie I und II sollte zeigen, ob der zeitliche Reihenfolge einen Einfluss auf die Wahl eines der Programme in der dritten Doppelstunde hatte (Tab. 1).

Das Erhebungsinstrumentarium waren Fragebögen mit geschlossenen und offenen Fragen, die eine Woche vor der ersten Intervention sowie jeweils unmittelbar vor und nach dem Treatment von jedem Schüler alleine und ohne zeitliche Begrenzung ausgefüllt werden mussten (Tab. 1). Die Fragebögen können beim Autor angefordert werden.

Orientierungshilfe zur Erstellung der Items wurde aus standardisierten Tests medizinisch-psychologischer und biologie-didaktischer Prägung gewonnen (Csikszentmihalyi & Larson, 1987; Todt & Götz, 1997, 1998; Pondorf, 1998). In Vortests wurden an über 200 Schülern einzelne Fragen, aber auch komplette Fragebögen getestet.

### 5. Statistische Auswertung

Das Signifikanzniveau (t-Test, nichtparametrischer Test, bivariates Zusammenhangsmaß (Korrelation nach Pearson)) ist, wenn nicht anders angegeben, 1% ( $\alpha < 0.01$ ). Die Korrelation  $r$  von Items zu einem Skalenwert ist

<b>Zeitpunkt</b>	Eine Woche vor dem Treatment (Wv)		
<b>Fragekategorie</b>	Schulleistung, Häufigkeit der Computernutzung, Interesse (Computer, Biologie, Gentechnik), Beurteilung verschiedener Medien im Biologieunterricht, subjektiv eingeschätztes Wissen (Computer, Biologie, Gentechnik), Wissen über Gentechnik		
<b>Stunde</b>	1. Doppelstunde	2. Doppelstunde	3. Doppelstunde
<b>Zeitpunkt</b>	unmittelbar davor (V1)	unmittelbar davor (V2)	unmittelbar davor (V3)
<b>Fragekategorie</b>	aktuelle emotionale Situation, Erwartung an den Computer im Biologieunterricht, aktuelles Gegenstandsinteresse		
<b>Studie I (Thema)</b>	LPG (Genetischer Fingerabdruck)	PGG (Polymerase-Kettenreaktion)	Wahl: PGG oder LPG (Insulinherstellung/ Transgene Tiere)
<b>Studie II (Thema)</b>	PGG (Polymerase-Kettenreaktion)	LPG (Genetischer Fingerabdruck)	Wahl: PGG oder LPG (Transgene Pflanzen)
<b>Zeitpunkt</b>	unmittelbar danach (N1)	unmittelbar danach (N2)	unmittelbar danach (N3)
<b>Fragekategorie</b>	aktuelle emotionale Situation, aktuelles Gegenstandsinteresse, Beurteilung verschiedener Medien im Biologieunterricht, subjektiver Lernerfolg, Wissen über Gentechnik, Begründung zur Wahl		

Tab. 1: Das Untersuchungsdesign. Wv = Woche vorher, Vx / Nx = vor / nach der x. Doppelstunde)

$r > 0.5$ . Für den Schwierigkeitsindex  $S$  aller einbezogenen Lückentextaufgaben gelten ebenso wie für die Trennschärfe  $T$  die üblichen Standards ( $20 < S < 80$ ; Heller, 1984;  $T > 0.5$ ; Bortz & Döring, 2002). Die Effektgröße  $d$  wurde als Differenz der Wiederholungsmessung zur ersten Messung im Verhältnis zur Merkmalsstreuung berechnet. Dabei wurden als Grenzen  $d = 0.5$  als mittlerer Effekt und  $d = 0.8$  als großer Effekt klassifiziert (Bortz & Döring, 2002).

## 6. Untersuchte Personengruppe

Die Studie I wurde im Zeitraum von November 2000 bis Juli 2001 an insgesamt 10 Schulen aus Hannover und der Umgebung durchgeführt. In den 14 Kursen des 11.-13. Jahrgangs war das Thema Gentechnik noch nicht im Unterricht behandelt worden. 193 Schüler, die durchgängig an den drei Doppelstunden teilnahmen, konnten in die Auswertung einbezogen werden (Krüger, in Druck). In der Studie II wurde am Hölty-Gymnasium in Wunstorf in 4 Kursen des 11. Jahrgangs im Zeitraum Oktober 2001 bis Dezember 2001 Gentechnik am Computer vermittelt. Hier nahmen 64 Schüler durchgängig an den drei Doppelstunden teil. Aus beiden Studien konnten somit insgesamt 257 Probanden in die Auswertung einbezogen werden, das entspricht bei 335 beteiligten Schülern einem Probandenschwund von 23%. Von den 257 Schülern bearbeiteten in der dritten Doppelstunde 103 Schüler das Thema „Human-Insulinherstellung in Bakterien“, 74 Schüler „Transgene Pflanzen“ und 80 Schüler „Transgene Tiere“.

Das Alter der 142 weiblichen und 115 männlichen Befragten lag zwischen 15 und 19 Jahre (96% zwischen 16 und 18 Jahre). Zwei Schüler holten ihr Abitur nach einer Berufsausbildung nach, sie waren 22 bzw. 25 Jahre alt.

## 7. Ergebnisse

### 7.1 Häufigkeit der Computernutzung

Die meisten Schüler nutzten den Computer

im Allgemeinen manchmal bis sehr oft. Nur 11% der Schüler nutzten ihn im Allgemeinen selten oder nie. Dabei gaben die Mädchen signifikant seltener als Jungen an, den Computer zu nutzen. Trotz vorhandener Computerräume in den Schulen nutzten rund 77% der Befragten den Computer in der Schule selten bis nie. Im Biologieunterricht galt dies sogar für 97% der befragten Schüler.

### 7.2 Aktuelles Gegenstandsinteresse an Computern, Biologie und Gentechnik

Es wurden Skalenwerte für das Interesse an Computern, Biologie und Gentechnik ermittelt. Sie fassten als emotionale Bedingungsfaktoren die Verbindung zwischen einer gefühlsbezogenen Bedeutsamkeit eines Gegenstandes und der persönlichen Wertzuschreibung für den Gegenstand sowie die in Emotionen und Handlungen repräsentierte Motivation mit den Antworten auf die Fragen nach dem „Wozu“ und „Warum“ eines Verhaltens (Krapp, 1993) zusammen.

Das aktuelle Gegenstandsinteresse der 257 Schüler am Computer, aber auch an Biologie und an Gentechnik war jeweils – verglichen mit dem internen Neutralwert 3 – hoch. Das Interesse war für Computer bei Jungen signifikant größer als bei Mädchen, bezüglich Biologie und Gentechnik bei Mädchen signifikant größer als bei Jungen (Abb. 1).

### 7.3 Erwartungen an den computergestützten Biologieunterricht

Vor allen Stunden im Untersuchungszeitraum war die Erwartung – verglichen mit dem internen Neutralwert – hoch. Sie nahm innerhalb der Untersuchung ab. Ein signifikantes Absinken der Erwartung drückte sich im Vergleich der Erwartung vor der ersten und vor der zweiten Doppelstunde aus, also nach dem erstmaligem Kennen lernen dieser Unterrichtssituation. Dieses Absinken der Erwartung wurde in beiden Studien beobachtet, es geschah also unabhängig vom eingesetzten Programm in der ersten Doppelstunde. Dabei

vollzog sich diese Änderung in Studie I bei den Jungen. Sie formulierten zu Beginn der Untersuchung eine höhere Erwartung an den Einsatz des Computers als die Mädchen, deren Erwartung sich weniger abschwächte. Vor der dritten Doppelstunde war die Erwartung der Jungen signifikant niedriger als bei den Mädchen. In Studie II wurden keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede beobachtet. Insgesamt korreliert eine häufige Computernutzung mit einer positiven Erwartung. Dabei wurde die Erwartung an den computergestützten Unterricht nur vom Interesse an Computern und Gentechnik bestimmt (vgl. Hypothese H<sub>1</sub>).

Alle Schüler hatten in zwei offenen Fragen Gelegenheit, positive und negative Erwartungen an den computergestützten Unterricht zu beschreiben. Es wurden wesentlich mehr positive (72%) als negative Rückmeldungen (28%) gegeben. Dabei waren die Schülergruppen mit nur positiven sowie positiven und negativen Rückmeldungen in etwa gleich stark vertreten. Nur sehr wenig Schüler gaben

ausschließlich negative Rückmeldungen. Wesentliche Vorzüge drückten die Schüler in den vier Kategorien „Lernen“ (Wissen, Verstehen, Erklären), „Abwechslung“ (Spaß, Interesse), „Anschaulichkeit“ (Übersichtlichkeit, Strukturierung) und „Methode“ „Computer“ (Bedienung, Darstellung in 3D, Nachschlagewerk) aus (Abb. 2). Inhaltlich formulierten sie:

- Erwartung auf verbesserte Lernmöglichkeiten und Verständlichkeit,
- Erwartung auf methodische Abwechslung zum sonstigen Unterricht, verbunden mit der Hoffnung auf Spaß und dem Ausdruck von Interesse und Motivation, sich auf den computergestützten Unterricht einzulassen,
- Erwartung auf höhere Anschaulichkeit dieser Vermittlungsart,
- Erwartung auf aktuelle, moderne und umfassende Information durch den Computer,
- Bedeutsamkeit der Computernutzung für Biologen.

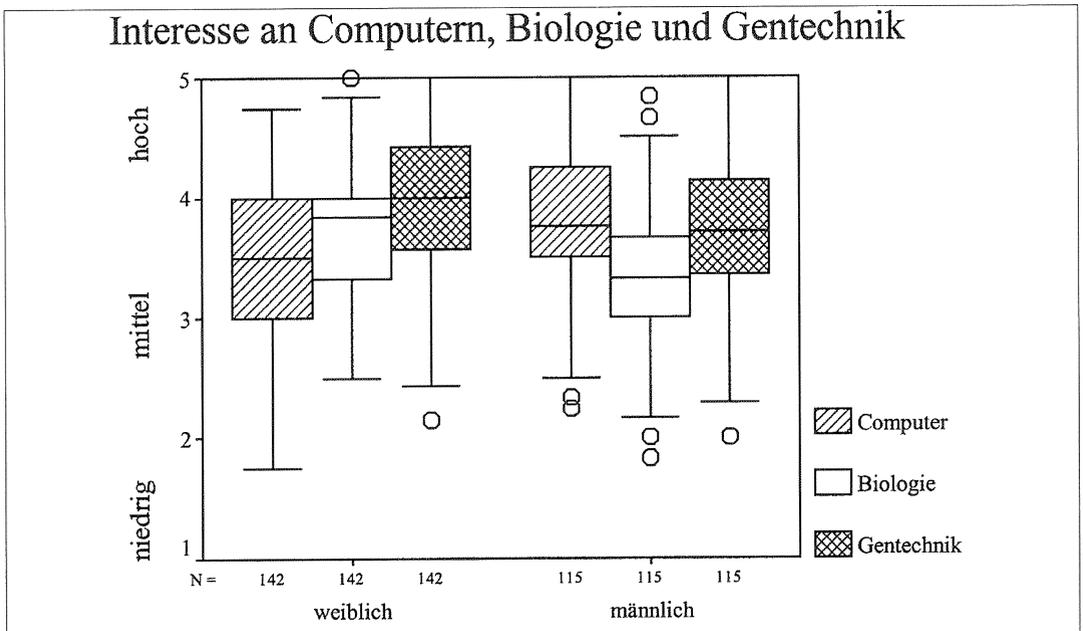


Abb. 1: Interesse an Computern, Biologie und Gentechnik. Box-Plot-Darstellung der Skalenwerte Interesse an Computern, Biologie und Gentechnik aufgeschlüsselt nach Geschlecht. Die Werte auf der Ordinate entsprechen einer unipolaren, fünfstufigen Skala. Je größer der Wert auf der Ordinate, umso mehr Zustimmung wird ausgedrückt. Der Wert 3 drückt als Neutralwert weder positive noch negative Zustimmung aus.

Die wesentlichen kritischen Argumente konzentrierten sich auf zwei Kategorien (Abb. 2):

- Erwartung, dass sich das Lernen verschlechtert und am Computer gespielt wird,
- Probleme mit der Computerbedienung sowie schlechter technischer Ausstattungszustand der Schulcomputer.

Unmittelbar vor dem Treatment (V1, V3) wurde es den Schülern in nur einer offenen Frage überlassen, sich für positive und / oder negative Rückmeldungen zu entscheiden.

Dabei verminderte sich der Anteil negativer Rückmeldungen auf rund 6%.

Im Wesentlichen drückten die Erwartungen nun (V1, V3) Vorzüge des computergestützten Gentechnikunterrichts in den Kategorien „Lernen“ und „Abwechslung“ aus. Als einziger Aspekt gewann das „Lernen“ dabei kontinuierlich an Bedeutung (Abb. 2). Die Erwartung an „Anschaulichkeit“ fiel dagegen auf ein verhältnismäßig niedriges Niveau ab (Abb. 2). Ebenso verlor die Erwartung an den innovativen Charakter des Computers und der

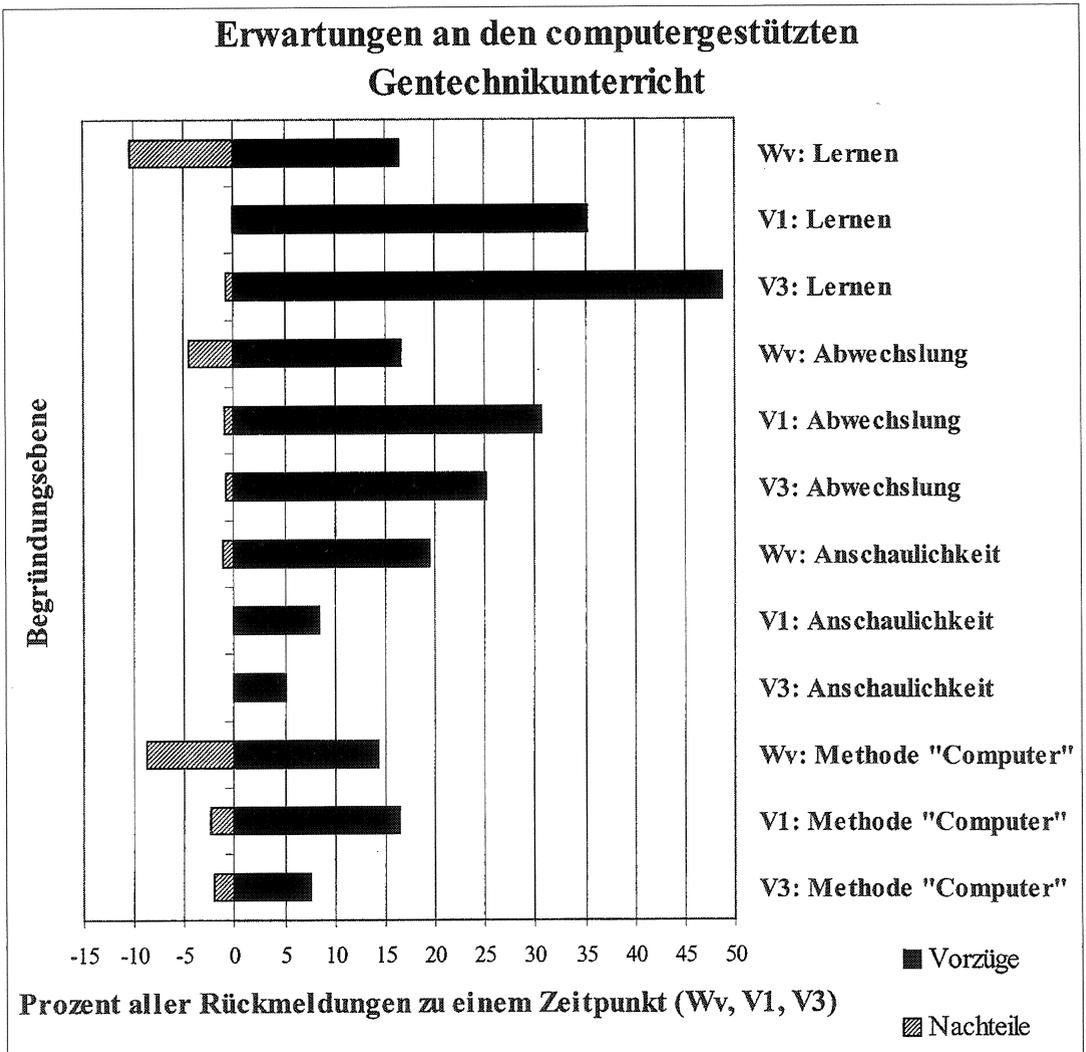


Abb. 2: Erwartung an computergestützten Gentechnikunterricht. Prozentualer Anteil positiver und negativer Erwartungen in den verschiedenen Kategorien eine Woche vorher (Wv; zwei offene Fragen) und jeweils vor der ersten und dritten Doppelstunde (V1, V3; je eine offene Frage; V2 wurde wegen anderer Voraussetzungen hier nicht einbezogen.).

Teilaspekt, Bedienungssicherheit zu erlangen (Methode „Computer“, Abb. 2), an Bedeutung.

#### 7.4 Beurteilung verschiedener Medien im Biologieunterricht

In einer geschlossenen Frage wurde den Schülern Gelegenheit gegeben, jeweils nach dem Treatment durch Notenvergabe (1 (sehr gut) - 6 (ungenügend)) verschiedene Medien zu beurteilen. Der Computer wurde durchgängig besser benotet ( $\bar{x}$  2.1-2.4) als das Mikroskop ( $\bar{x}$  2.7-2.8), der Tageslichtprojektor ( $\bar{x}$  3.1) oder das Schulbuch ( $\bar{x}$  3.1-3.3). Nach der Arbeit mit dem PGG fiel die Benotung des Computers auf das niedrigste Niveau, wobei Mädchen den Computer signifikant schlechter benoteten als Jungen.

Diese Haltung wurde auch durch die Formulierung von Wunschmedien für die folgende Biologiestunde deutlich (Abb. 3). Während

der Computer durchgängig mit Abstand die häufigsten Nennungen erhielt, stieg die Anzahl der Nennungen sowohl beim Mikroskop als auch beim Schulbuch über den Zeitraum der Untersuchung an (Abb. 3). Eine andere Dynamik wiesen der Tageslichtprojektor und alle anderen genannten Medien auf. Hier wurde auf die Arbeit mit dem PGG reagiert und es wurden im höheren Maße als nach der Arbeit mit dem LPG oder nach der freien Wahl alternative Vermittlungsformen gewünscht.

#### 7.5 Aktuelle emotionale Situation der Schüler

Die emotionale Situation wurde unmittelbar vor und nach dem Treatment mithilfe einer bipolaren 7-stufigen Skala über neun Faktoren nach einer leicht modifizierten Experience-Sampling-Methode von Csikszentmihalyi & Larson (1987) bestimmt. Keiner der unter-

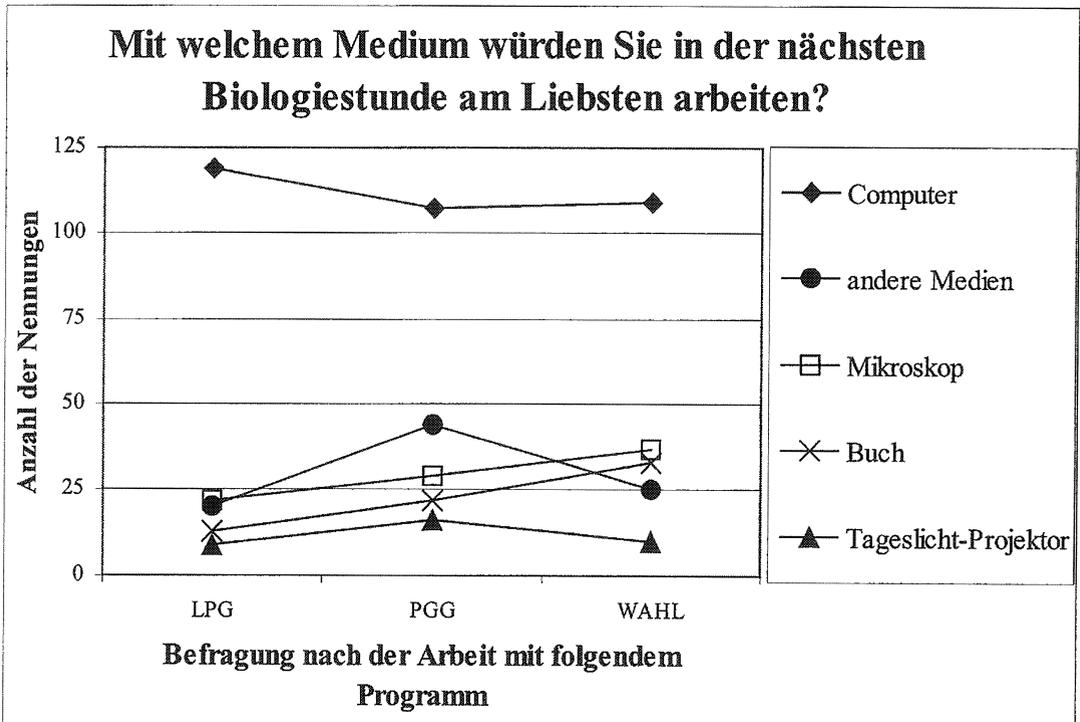


Abb. 3: Medienwunsch. Anzahl der Nennungen (Mehrfachnennungen möglich) verschiedener Medien nach der Arbeit mit dem LPG (Studie I: nach der ersten Doppelstunde [N1], Studie II: nach der zweiten Doppelstunde [N2]), dem PGG (Studie I: N2, Studie II: N1) und nach der Wahl (dritte Doppelstunde) (n=257); andere Medien: Film, Modell, Lehrer, Tafel.

suchten Faktoren bei der Arbeit am Computer hatte einen Einfluss auf die emotionale Verfassung der Schüler (vgl. Hypothese  $H_{2.0}$ ).

In einer offenen Frage bekamen die Schüler ergänzend die Gelegenheit jeweils vor dem Treatment (V1, V2, V3) ihre Gefühlslage zu erläutern. In 67% der Fälle wurden die Möglichkeiten zur Kommentierung in Anspruch genommen. Dabei fiel die hohe Tendenz (75%) auf, negative Gefühlslagen zu kommentieren. Nur 18% kommentierten positive Gefühlslagen, noch weniger (7%) nahmen Stellung bei ausgeglichener Gefühlslage. Wesentliche negative Aspekte waren Müdigkeit, bereits erlebter Schulstress (anstrengender Unterricht, Klausuren), anstrengende, noch bevorstehende Stunden (Klausuren) sowie gesundheitliches Unwohlgefühl (z.B. Kopfschmerzen). Unter den positiven Kommentaren war der Ausdruck von Lust zur Arbeit und einem allgemeinen Wohlbefinden herausragend.

Berücksichtigt man die Antworten der geschlossenen und offenen Frage zusammen, dann war die Gefühlslage als ausgeglichen aufzufassen, also durchschnittlich konzentriert, zufrieden und aufnahmebereit.

## 7.6 Subjektive Kenntnisse über den Computer, die Biologie und die Gentechnik

Die Schüler schätzten ihre Kenntnisse (W<sub>v</sub>) über den Computer überwiegend gering ein, wobei sich Jungen signifikant höher einschätzten als Mädchen. Es bestand eine signifikante Korrelation zwischen der häufigeren allgemeinen Nutzung des Computers und den höheren subjektiv eingeschätzten Kenntnissen über den Computer.

Die Schüler schätzten ihre Kenntnisse (W<sub>v</sub>) über die Biologie durchschnittlich und über die Gentechnik gering ein. Eine gute Schulleistung korrelierte mit der hohen subjektiven Einschätzung zum Wissen zur Biologie und zur Gentechnik ( $\alpha < 0.05$ ).

## 7.7 Subjektiver Lernerfolg

Mehr als 82% der Schüler hatten nach der Arbeit mit dem LPG und nach freier Wahl eines Programms den Eindruck, etwas gelernt zu haben, während sich ihr Anteil nach der Arbeit mit dem PGG auf gut die Hälfte reduzierte. Nach der Arbeit mit dem PGG glaubten 28% der Schüler, nicht gelernt zu haben (Tab. 2).

Als Begründungen für den subjektiven Lernerfolg mit beiden Programmen nannten die Schüler, dass sie etwas grundsätzlich Neues kennen gelernt hatten, die Verständlichkeit der Darstellung, die erfolgreichen Überprüfungen des Gelernten im Programm, das individuelle Arbeiten und die gelungene Visualisierung der Prozesse (Tab. 2). Die Schüler nannten signifikant häufiger als Begründung zum subjektiven Lernen mit dem LPG seine Verständlichkeit und die integrierten Übungsmöglichkeiten. Signifikante Begründungsunterschiede für den Lernmisserfolg wurden in der Unverständlichkeit, der zu großen Informationsmenge und in der fehlenden Absturzsicherheit des PGG gesehen. Alle signifikanten Unterschiede verschwanden nach der freien Wahl, wo sich die Anzahlen der Begründungen wieder auf dem Niveau derer nach der Arbeit mit dem LPG einpendelten.

## 7.8 Lernen und Wissen über gentechnische Themen

Zu verschiedenen gentechnischen Themen (Methoden und Anwendungen) wurde das Wissen der Schüler vor und nach dem Treatment über identische Lückentexte mit Antwortvorgaben und mit offenen Fragen erhoben. Vor dem Treatment wussten die Schüler wenig über gentechnische Themen, nach dem Treatment konnten die Schüler jede Frage signifikant besser beantworten als vorher. In Bezug auf die Reproduktion von Wissen in Lückentextaufgaben drückten sich durch die Programmbearbeitung große Effekte (Insulinherstellung ein mittlerer Effekt) aus (Tab. 3).

In den Lückentextaufgaben erreichten nach dem Treatment bei den gentechnischen Methoden (Genetischer Fingerabdruck, PCR) 68% bis 72% und bei den gentechnischen Anwendungen (Insulinherstellung, Transgene Tiere bzw. Pflanzen) zwischen 30% und 71% aller befragten Schüler angemessene Lösungen (Tab. 3).

Bei den offenen Fragen gab es nach dem Treatment zu den gentechnischen Methoden (Restriktionsenzym, Gelelektrophorese, PCR) zwischen 52% und 66% angemessene Antworten, bei den gentechnischen Anwendungen (Insulinherstellung, Klonieren von DNA, Herstellung transgenes Tier) zwischen 44% und 58% (Tab. 3). Dabei wurde ein großer Effekt in Bezug auf die Reorganisation von Wissen bei der Insulinherstellung und dem Klonieren von DNA durch das Treatment festgestellt (Tab. 3).

In der offenen Frage zur Insulinherstellung konnten 103 gefragte Schüler vor dem Treatment insgesamt 56 richtige Aspekte nennen. Nach dem Treatment waren es mit 370 richtigen Aspekten mehr als sechsmal so viele (Tab. 3).

In offenen Fragen wurden vor und nach dem Treatment jeweils 154 Schüler aufgefordert, eine Definition für transgene Lebewesen zu formulieren und sich zu den Zielen bei der Herstellung transgener Lebewesen zu äußern. In Bezug auf die Definition transgener Pflanzen oder Tiere wurde ein Kompetenzzuwachs beobachtet (Tab. 3). Der Anteil falscher, unpassender oder missverständlich formulierter Definitionen wie „Kreuzungen zwischen verschiedenen Arten“ oder „Klonen“ reduzierte sich von 26 auf 5. Zusätzlich veränderte sich die Antwortqualität. Vor dem Treatment wurden vorrangig allgemeine Definitionen von Gentechnik (gentechnisch oder genetisch veränderte Lebewesen) geäußert. Nach dem Treatment waren Aussagen vorherrschend, die konkret beschrieben, womit (mit fremder DNA, Genen) und was (Gene, Genom, Erbgut) verändert wurde. Einige wenige Schüler äußerten sich auch zum Prozess (eingeschleust, eingebaut, übertragen). Außerdem konnten sie die dauerhafte und stabile Integration der Fremd-DNA im Erbgut benennen, bezogen sich auf die Vererbung und

Programm	LPG			PGG			Wahl		
	+	+ / -	-	+	+ / -	-	+	+ / -	-
Subjektiver Lernerfolg	82	11	7	54	18	28	82	8	10
Prozent (%)									
Ich habe gelernt, weil ...	Anzahl der Nennungen								
ich etwas Neues kennen gelernt habe.	71			67			84		
es verständlich war.	85			53			66		
Übungen und Kontrollen angeboten wurden.	56			19			43		
es anschaulich war.	31			20			27		
ich mein eigenes Tempo wählen konnte.	21			10			14		
die graphische Darstellung gelungen ist.	14			19			12		
Ich habe nicht gelernt, weil ...	Anzahl der Nennungen								
es unverständlich war.	14			63			24		
zu viel Information geboten wurden.	5			19			8		
das Programm abstürzte.	1			13			0		

Tab. 2: Subjektiver Lernerfolg der Schüler. Prozentuale Verteilung und Anzahl der Nennungen zur Begründung für den entsprechenden Lernerfolg (n=257). Subjektiver Lernerfolg: + = ja; +/- = teils, teils; - = nein.

erfolgreiche Transkription des Transgens in transgenen Lebewesen und beschrieben den Transfer von Fremd-DNA über Artgrenzen hinweg.

Durch die Arbeit mit den Programmen zeigte sich auch ein großer Effekt in der konkreten Benennung von Zielen sowohl der grünen (Insekten- und Herbizidresistenz, Anpassung an extreme Standorte) als auch der roten Gentechnik (Medikament gewinnen, Hilfe für erkrankte Menschen, Laktosefreie Milch, proteinhaltiges Schweinefleisch) (Tab. 3).

Beim Beschreiben der Ziele der Gentechnik hielten einige Schüler die Ebenen phänotypi-

scher Wirkungen und genotypischer Einflussnahme der Gentechnik nicht auseinander. Aussagen, wie „Transgenen Tieren werden gewünschte Eigenschaften gegeben“, „Es werden neue Merkmale gemacht“, „Merkmal in DNA einschleusen“, „Gene mit entsprechenden Merkmalen eingebaut“ wiesen auf ein bereits bekanntes Konzept „Merkmalsübertragung“ (Frerichs, 1999), „AAT-Gene in der Milch produzieren“ und „Gene werden nun ausgebildet“ wiesen auf ein neues Konzept „Gene bilden“.

Als vollständig zufriedenstellendes Ergebnis wählten zwischen 80% und 94% der Schüler,

Lückentext mit Antwortvorgabe		
Inhalt	vorher	nachher
	angemessen gelöst	
Genetischer Fingerabdruck, d = 0,98	6%	72%
PCR, d = 1,12	19%	68%
Insulinherstellung, d = 0,65	1%	56%
Transgene Tiere, d = 0,84	24%	71%
Transgene Pflanzen, d = 2,00	0%	30%
Offene Frage		
Inhalt	vorher	nachher
	angemessen gelöst	
Restriktionsenzym	n.e.	66%
Gelelektrophorese	n.e.	59%
PCR	n.e.	52%
Insulinherstellung, Sachgemäße Aspekte, d = 1,51	4% 56	48% 370
Klonieren von DNA Sachgemäße Aspekte, d = 1,36	7% 9	58% 94
Herstellung: Transgenes Tier	n.e.	44%
Definition: Transgenes Lebewesen Sachgemäße Aspekte, d = 0,67	16% 113	34% 197
Ziele der Gentechnik Angemessene Aspekte, d = 0,80	25% 139	58% 290

Tab. 3: Anzahl angemessener Lösungen von Lückentextaufgaben mit Antwortvorgaben und offenen Fragen zu verschiedenen gentechnischen Inhalten. Prozent aller befragten Schüler (n.e. = nicht erhoben, d = Effektgröße). Lückentext: Genetischer Fingerabdruck (9 Fragen, n=257), PCR (4, n=257), Insulinherstellung (4, n=103), Transgene Tiere (4, n=80) und Transgene Pflanzen (3, n=74). Offene Fragen: Restriktionsenzym (maximale Punkte 4, n=257), Gelelektrophorese (6, n=257), PCR (8, n=257), Insulinherstellung (12, n=103), Klonieren von DNA (2, n=103), Herstellung: Transgenes Tier (5, n=80), Ziele und Definition (n=154). Der Lückentext galt als angemessen gelöst, wenn wenigstens die Hälfte der maximalen Punktzahl erreicht war, offene Fragen, wenn wenigstens der Mittelwert der erreichten Punkte nach dem Treatment bezüglich der Frage erreicht wurde.

die sich mit der grünen Gentechnik befassten ( $n=74$ ), nach dem Treatment unter zehn Antwortalternativen die Transfermethoden Mikroinjektion, Liposomenfusion, Partikelbeschuss und Elektroporation richtig aus.

Das Lernen gentechnischer Inhalte hing von der Schulleistung ab (vgl. Hypothese  $H_3$ ). Je besser die Schulleistung war, umso signifikant besser lernten die Schüler am Computer die technischen und methodischen Aspekte der Gentechnik. Dieser Lernerfolg war unabhängig vom eingesetzten Programm.

Die Schüler sollten in einer offenen Frage sachgemäße Unterschiede zwischen Gentechnik und Züchtung benennen. Die Antworten ließen sich verschiedenen Gegensatzpaaren zuordnen, wobei die Schüler eine Kennzeichnung der Gentechnik und Züchtung durchgängig in einer bestimmten, nicht immer sachgemäßen Weise vollzogen (Tab. 4). Einer unnatürlichen, vom Menschen gesteuerten, schnell und gezielt zu kontrollierten Ergeb-

nissen führenden Gentechnik wurde die Züchtung mit „natürlicher“ Fortpflanzung, zufälligem Ablauf und geringer Erfolgswahrscheinlichkeit gegenübergestellt. Bei der Gentechnik wurde die DNA verändert, fremde Gene eingeschleust und danach selektiert und Verbindungen über Arten hinweg ermöglicht. Züchtung vollzog sich durch Kreuzen und die Erbgutweitergabe hing von den Genen der Elterntiere ab, es wurde nach äußeren Merkmalen selektiert und sie beachtete Artschranken. Die Kennzeichnungen, die bereits vor der Arbeit mit den Programmen bestanden, verfestigten sich im Wesentlichen (Tab. 4).

## 7.9 Wahl der Programme

Die Inhalte der dritten Doppelstunde erarbeiteten 80% der Schüler mit dem LPG, 20% mit dem PGG, darunter ein signifikant höherer Anteil Jungen. Nach der Regressionsana-

Argument	Gentechnik		Züchtung	
	Wv	N3	Wv	N3
künstlich - natürlich				
experimentell, künstlich, unnatürlich	21	33		
natürlich (Fortpflanzung durch Geschlechtsverkehr)			22	28
schnell - langwierig	Wv	N3	Wv	N3
schneller	2	8		
langwieriger			5	10
gezielt - zufällig	Wv	N3	Wv	N3
das Ergebnis kontrollieren	8	15	1	
zufälliges Ergebnis	1		7	8
DNA manipulieren - Kreuzen	Wv	N3	Wv	N3
DNA verändern	33	41		1
Fremd-DNA einschleusen	9	33		2
DNA nicht manipulieren (Kreuzen, Vererben)			27	39
Selektion nach Gen-Merkmal	Wv	N3	Wv	N3
Selektion nach den besten Genen	2	3		
Selektion nach dem besten Merkmal			8	13
über - innerhalb Arten	Wv	N3	Wv	N3
über Artschranken	1	9		3
Artschranken beachten			2	10
neue Arten herstellen			3	

Tab. 4: Unterschied zwischen Gentechnik und Züchtung. Anzahl häufig benannter Aspekte einer offenen Frage zum Unterschied zwischen Gentechnik und Züchtung vor (Wv) und nach (N3) dem Treatment ( $n=154$ ).

lyse bestimmten das Geschlecht und etwa halb so bedeutsam das Interesse am Computer die Wahl des Programms (vgl. Hypothese H<sub>4</sub>). In Studie II wurde das PGG signifikant seltener als in Studie I gewählt; nur zwei Schülerinnen und ein Schüler - alle mit besonders hohem Interesse am Computer - wollten mit dem PGG arbeiten. Ein kausaler Zusammenhang zur veränderten Reihenfolge des Angebots der Programme in den vorhergehenden Stunden (Tab. 1) konnte nicht festgestellt werden. Die jeweilige Wahl begründeten die Schüler für beide Programme gleich häufig mit der Verständlichkeit, Anschaulichkeit, besseren Struktur, dem größeren Spaß und der Interessantheit des Programms sowie den besseren Demos. Signifikant häufiger begründeten die Schüler die Wahl des LPG, weil es Übungen anbot und sehr allgemein deshalb, weil es einfacher und besser war. Die Wahl des PGG wurde signifikant häufiger mit der professionelleren Grafik begründet.

## 8. Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen (Krüger, in Druck) und erweitern die Aussagen hinsichtlich der Interessen, Erwartungen, des emotionalen Empfindens und Lernens von Schülern im computergestützten Gentechnikunterricht. Sie erlauben gezielte Hinweise für den Einsatz des Computers im Biologieunterricht. Insgesamt führte die Evaluation zu einer marktreifen Version des LPG (Krüger, 2002).

Die Ergebnisse beider Studien zeigen ein hohes aktuelles Gegenstandsinteresse an Computern, Biologie und Gentechnik. Das geschlechtsspezifisch stärker ausgeprägte Interesse bei Jungen gegenüber dem Computer deckt sich mit den Ergebnissen der 13. Shell Jugendstudie (Fritzsche, 2000), in der das Interesse an Technik und dem Computer als „Männersache“ beschrieben wird. Auch die subjektiv besser eingestuften Kenntnisse über den Computer der männlichen Schüler spiegeln die Ergebnisse einer repräsentativen Studie wider, in der in nahezu allen Bereichen sich männliche Befragte bessere Computer-

kenntnisse bescheinigen als weibliche (Heine & Durrer, 2001).

Das insgesamt von den Mädchen bekundete, überdurchschnittlich hohe Interesse am Computer spricht allerdings dagegen, dass sie, wie Fauser (1992) für den naturwissenschaftlichen Unterricht ohnehin schon feststellte, durch den Computereinsatz zusätzlich benachteiligt werden. Gegen eine Benachteiligung der Mädchen im Computer gestützten Unterricht spricht außerdem das höhere Interesse der Mädchen für Biologie und Gentechnik, welches das niedrigere Interesse am Computer ausgleichen dürfte. Dabei weist das höhere Interesse der Mädchen an Biologie - hier in der Sekundarstufe II - auf eine Fortsetzung des verstärkten Biologieinteresses bei Mädchen gegenüber Jungen in der 10. Klasse (Löwe, 1992).

Die Erwartung an den computergestützten Unterricht ist, wenn auch abnehmend, im gesamten Untersuchungszeitraum hoch. Dies dokumentiert sich auch im geringen Auftreten negativer Argumente, wenn Nachteile des Computereinsatzes nicht mehr ausdrücklich abgefragt werden. Bemerkenswert ist der Zusammenhang zwischen dem Interesse an Computern und an Gentechnik mit der Erwartung an den computergestützten Gentechnikunterricht (vgl. Hypothese H1). Die wechselweise höheren Ausprägungen des Interesses an Computern bei Jungen und an Gentechnik bei Mädchen weisen darauf hin, dass die Erwartung bei den Jungen eher tätigkeitsbezogen aus der Arbeit mit dem Computer und bei den Mädchen eher inhaltsbezogen aus der thematischen Auseinandersetzung abgeleitet werden kann. Dies dokumentiert einen Tatbestand, der bereits bei Pondorf (1998) bei der Arbeit mit dem Programm „Mendel“ beschrieben wurde.

Die Schülers Aussagen im Zusammenhang mit der Erwartung an den computergestützten Gentechnikunterricht, aber auch bei der Begründung des subjektiven Lernerfolgs und der Wahl der Programme lassen sich im Wesentlichen den Kategorien „Lernen“, „Abwechslung“, „Anschaulichkeit“, „Methode“ „Computer“, „Selbstständigkeit“ und

„Übungsmöglichkeit“ zuordnen.

Als Kriterien für einen Computereinsatz im Gentechnikunterricht weisen die Nennungen der Schüler in der Kategorie „Lernen“ den eingesetzten Programmen subjektive Wirksamkeit zu. Die Bedeutsamkeit dieses Aspekts ragt für die Schüler heraus, denn er ist der einzige, der im Untersuchungszeitraum an Wichtigkeit zunimmt. Als immanentes Kriterium für den Einsatz des Computers im Biologieunterricht kann außerdem die „Anschaulichkeit“ aufgefasst werden. Sie verliert allerdings für die Schüler an Bedeutung. Alle anderen Kriterien besitzen keinen unmittelbaren Bezug zum Argument, dass der Computer im Biologieunterricht eingesetzt werden sollte. Die Ansprüche, die Bedienung des Computers lernen zu wollen und aktuell informiert zu werden (Methode „Computer“), entsprechen dem Wunsch des Erwerbs einer „Computer Literacy“ (Arbinger & Bannert, 1993). Sie bringen zum Ausdruck, für und nicht mit dem Computer lernen zu wollen.

Die Argumente zur „Abwechslung“ beschreiben die anerkannte Bedeutung des Methodenwechsels. Dabei zeigt sich, dass in der befragten Schülerpopulation der Computer im Biologieunterricht trotz vorhandener Computerräume wesentlich seltener (3%) genutzt wird als in einer repräsentativen Umfrage, wonach 25% der Schüler allgemeinbildender Schulen Erfahrungen mit Lehr- und Lernprogrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht gesammelt haben (Heine & Durrer, 2001). Dabei werden allerdings in Niedersachsen Lernprogramme signifikant seltener eingesetzt als in anderen Ländern. Dies bleibt nicht ohne Auswirkung auf die Einstellung dem Computereinsatz gegenüber, da „Unerfahrene“ bei der Beurteilung der Möglichkeiten und Grenzen des Mediums durchweg kritischer reagieren (Heine & Durrer, 2001). Ein Teilaspekt dieses Zusammenhangs findet sich in der hier vorliegenden Feldstudie darin wieder, dass die Erwartung an den computergestützten Unterricht vom Interesse an Computern bestimmt wird (vgl. Hypothese H<sub>1</sub>).

Unter Ausnutzung des Neuheitseffekts (Clark, 1994) ist durch den Methodenwechsel zum computergestützten Biologieunterricht eine hohe Lernmotivation zu erwarten. Wenngleich auch nach drei Doppelstunden eine deutliche Mehrheit der Schüler den Computer als Medium wünscht und dieser nach wie vor die besten Noten erhält, weist der vermehrte Medienwunsch „Buch“ bzw. „Mikroskop“ auf ein erstes Nachlassen der Wirkung des Methodenwechsels hin. Demnach wäre zu empfehlen, den computergestützten Unterricht nicht über drei Doppelstunden hinaus zu verlängern.

Die Individualisierung in Tempo und Niveau wird vermehrt als Grund für den subjektiven Lernerfolg genannt. Zweifellos könnte dies, wie die Möglichkeit, Übungen anzubieten, auch mit anderen Unterrichtsformen erreicht werden.

Der Computereinsatz beeinflusste die Schüler weder in der einen noch in der anderen Richtung emotional. Insgesamt blieb die emotionale Situation während des Treatments konstant (vgl. Hypothese H<sub>2.0</sub>). Dies entspricht den Befunden einer Untersuchung zum Computereinsatz im Biologieunterricht der Realschule (Pondorf, 1998).

Die Gefühlslage kann durch das Hinzuziehen der erläuternden Anmerkungen als durchschnittlich in Bezug auf die Konzentration, Zufriedenheit und Aufnahmebereitschaft eingestuft werden. Damit relativiert sich die durch den alleinigen Rückgriff auf die geschlossene Frage getroffene Feststellung, dass die Schüler überdurchschnittlich hoch konzentriert, zufrieden und aufnahmebereit waren (Krüger, in Druck).

Es ist beachtenswert, dass in gut 50% der Möglichkeiten die Schüler ihre Gefühlslage negative attribuieren. Müdigkeit, angeschlagene Gesundheit und Stress können Ausdruck einer larmoryanten Haltung der Schüler sein, müssen aber gleichzeitig als Störfaktoren für Lernen ernst genommen werden. Einige Anmerkungen weisen auf eine Geringschätzung von Schule (selbstverschuldete Müdigkeit), aber auch auf die stressauslösende Wirkung des Anforderungsanspruchs der Schule

(bereits oder noch anstrengender Unterricht) hin.

Die Qualität des Lernerfolgs kann für die Vermittlung der Methoden und Werkzeuge der Gentechnik zufriedenstellend beurteilt werden. Im Bereich der gentechnischen Anwendungen, bei denen auch komplexere Wissenszusammenhänge abgefragt wurden, blieben die Kenntnislücken zum Teil noch groß. Da die Beantwortung der Fragen auf Freiwilligkeit basierte und ohne Konsequenzen für eine schulinterne Beurteilung blieb, müssen fehlende oder unvollständige Antworten nicht Zeichen eines geringen Wissens darstellen, sondern können auch Ausdruck einer geringen Motivation zur Beantwortung schreib- und denkintensiver offener Fragen sein.

Etwa die Hälfte der Schüler besitzt nach dem computergestützten Gentechnikunterricht zufriedenstellendes Wissen über gentechnische Anwendungsgebiete. Dies sollte eine gute Basis darstellen, um nach der Arbeit mit den Programmen diese Schüler bei der vertiefenden Vermittlung der Inhalte im Unterricht intensiv zu beteiligen. So kennen diese Schüler spezielle Ziele der Gentechnik und Definitionen zu transgenen Lebewesen, wobei sie auf einem erweiterten Begründungsniveau nicht nur die Veränderung, sondern das „Womit“ und „Wie“ erläutern können.

Die Schüler führen eine Etikettierung der Gentechnik und Züchtung durch. Diese Urteile und Vorstellungen verfestigen sich durch die Bearbeitung mit den Programmen und verändern sich im Wesentlichen nicht. Dabei stellen sich die Schüler - wissenschaftlich nicht angemessen - das Erreichen von Zielen mit Gentechnik schneller vor, als es bei der durchaus langwierigen Herstellung transgener Lebewesen inklusive der ausgedehnten Verfahren bis zur Genehmigung der Freigabe von gentechnisch hergestellten Lebensmitteln oder Medikamenten erfolgt. Auch erkennen die Schüler nicht, dass ein gezielter Einbau von Fremd-Genen nur selten gelingt und bei der Herstellung transgener Tiere nur geringe Erfolgswahrscheinlichkeiten bestehen. Der beschriebene Mangel könnte nach der zugrundeliegenden Theorie darin begründet liegen,

dass die Schüler hier nicht in ausreichendem Maße zu eigenen Fragen geführt wurden, das subjektive Befinden und Wissen nicht aufgegriffen wurde und nicht an persönliche Erfahrungen angeknüpft wurde (Gerstenmaier & Mandl, 1995; Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). Im Rahmen der formativen Evaluation wurden diese Schwierigkeiten erfasst und entsprechende Verbesserungen in der kommerziellen Version des LPG berücksichtigt (Krüger, 2002).

Insgesamt ist es gelungen, ein Lernen und Verstehen von gentechnischen Inhalten im Rahmen der zur Verfügung gestellten Zeit mit beiden Programmen zu erreichen. Trotz der Individualisierung der Vermittlung mit integrierten Erläuterungen bei fehlerhaften Entscheidungen im LPG, blieb die Leistungsfähigkeit der Schüler für das Lernen ein entscheidender Faktor (vgl. Hypothese H<sub>3</sub>). Der mediale Zugang mit den untersuchten Programmen begründet sich damit nicht über das Argument, ein besonders lernförderndes Angebot für leistungsschwächere Schüler zu sein. Vielmehr lässt sich ein Einsatz der Programme im Gentechnikunterricht aus der inhaltlichen Aufarbeitung mit den gelungenen Animationen und den integrierten Übungsmöglichkeiten begründen.

In offenen Fragen geäußerte Schülervorstellungen konnten dem bekannten Konzept „Merkmalsübertragung“ aus dem Genetikunterricht (Frerichs, 1999) und einem neuen Konzept „Gene bilden“ zugeordnet werden. Auch bei der Arbeit mit dem Computer entsteht die Notwendigkeit, auf bekannte Vorstellungen zu genetischen Prozessen, nach denen genotypische Ursachen und phänotypische Wirkungen nicht hinreichend unterschieden werden können, einzugehen. Durch die begleitende Beantwortung von Fragen auf Arbeitsblättern, die wegen der erforderlichen Aktivierung verschiedener Lernstrategien wie Wiederholen, Auswählen, Zusammenfassen, Ordnen und als Sicherung der Ergebnisse zum Kategorisieren oder Überprüfen des Verständnisses (Weinstein & Mayer, 1986; Lewalter, 1997) im computergestützten Unterricht eingesetzt wurden, werden Möglichkeiten

geschaffen, entsprechende Aspekte aufzugreifen. Ein Vorschlag zum Umgang mit entsprechenden Unvereinbarkeiten zwischen wissenschaftlichen Vorstellungen und Schülervorstellungen sieht dann vor, diese zum Beispiel unter Einsatz wissenschaftlicher Originalquellen zu kontrastieren (Frerichs, 1999).

80% der Schüler bevorzugten das LPG. Jungen waren im höheren Maße als Mädchen bereit, mit der Hypertextstruktur des PGG zu arbeiten (vgl. Hypothese H<sub>4</sub>). Dabei gab es entgegen den Befunden zu Vorstellungen und Einstellungen (Gebhard, Feldmann & Bremskamp 1994; Frerichs, 1999) und den Interessen an gentechnischen Themen (Todt & Götz, 1998) keine konkreten Hinweise darauf, dass die Anbindung der Inhalte im LPG an problemhaltige, mit ethischen Aspekten verknüpfte Fragestellungen aus der Humanmedizin die Wahl beeinflusst hat. Insgesamt hoben 80% der Schüler die bessere Struktur, die einfachere Verständlichkeit sowie die Möglichkeit, das Verständnis zu überprüfen, als bedeutungsvoll für das LPG hervor. Damit spricht sich eine deutliche Mehrheit der Schüler für die didaktisch rekonstruierte Struktur im LPG aus. Die Übungsmöglichkeiten weisen dabei ein Element aus, dass in seiner Form und den komplexen Rückmeldungen die Ansprüche der Schüler erfüllt.

Die Untersuchung zeigt, dass Computerprogramme, die sich auf klar strukturierte Inhaltsbereiche und Problemstellungen konzentrieren und die Lernerwünsche in Bezug auf integrierte Hilfen und Übungen berücksichtigen, eine lernfördernde Ergänzung für den Biologieunterricht darstellen.

## Literatur

- Arbinger, R. & Bannert, M. (1993). Computerwissen von Schülern der Sekundarstufe I. *Empirische Pädagogik*, 7, 103-124.
- Azevedo, R. & Bernard, R.M. (1995). A metaanalysis of the effects of feedback in computer-based instruction. *Journal of Educational Computing Research*, 13, 111-127.
- Berger, C.F., Lu, C.R., Belzer, S.J. & Voss, B.E. (1994). Research on the uses of technology in science education. In: D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (S. 466-490). New York: Macmillan.
- Bortz, J. & Döring, N. (2002). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*, 3. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Clark, R.E. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development*, 42 (2), 21-29.
- Clements, D.H. & Battista, M.T. (2000). Designing Effective Software. In: A. E. Kelly & R.A. Lesh (Eds.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- Csikszentmihalyi, M. & Larson, R. (1987). Validity and Reliability of the Experience-Sampling Method. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 175(9), 526-536.
- Dillon, A. & Gabbard, R. (1998). Hypermedia as an educational technology: A review of the quantitative research literature on learner comprehension, control and style. *Review of Educational Research*, 68, 322-349.
- Fausser, R. (1992). Neue empirische Untersuchungen über geschlechtsspezifische Unterschiede im Interesse am Computer. Voraussetzungen und Folgen. In: Bundesminister für Bildung und Wissenschaft, *Mädchen und Computer* (S. 22-45). Schriftenreihe 100.
- Fritzsche, Y. (2000): *Modernes Leben: Gewandelt, vernetzt und verkabelt*. In: A. Fischer, Y. Fritzsche, W. Fuchs-Heinritz & R. Münchmeier, 13. Shell Jugendstudie, (S. 199-202). Opladen: Leske + Budrich.
- Frerichs, V. (1999). *Schülervorstellungen und wissenschaftliche Vorstellungen zu den Strukturen und Prozessen der Vererbung - ein Beitrag zur didaktischen Rekonstruktion*. Diss. Universität Oldenburg. Didaktisches Zentrum.

- FWU (1999). CD-ROM Blick in die Forschung, Genetik und Gentechnologie. München: Film für Wissenschaft und Unterricht.
- Gebhard, U., Feldmann, K., Bremekamp, E. (1994). Hoffnungen und Ängste. Vorstellungen von Jugendlichen zur Gentechnik und Fortpflanzungsmedizin. In: Bremekamp, E. (Hrsg.), Faszination Gentechnik und Fortpflanzungsmedizin (S. 11-25). Bad Heilbrunn: Verlag Klinkhardt.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. Zeitschrift für Pädagogik, 41, 6, 867-888.
- Gräsel, C., Mandl, H., Fischer, M., & Gärtner, R. (1994). Vergebliche Designermüh? Interaktionsangebote in problemorientierten Computerlernprogrammen. Unterrichtswissenschaft, 22, 312-333.
- Heine, C. & Durrer, F. (2001). Computer und Neue Medien in der Schule. Erfahrungen mit EDV-gestützten Lernprogrammen und Erwerb von Computerkenntnissen während der Schulzeit. Befunde aus der Befragung der studienberechtigten Schulabgänger 99. HIS-Hochschul-Informationen-System GmbH.
- Heller, K. A. (1984). Leistungsdiagnostik in der Schule. 4. völlig neu bearb. Aufl., Bern u.a.: Huber, 183-189.
- Jungmann, H. (1997): Programmierter Unterricht - Fossil oder Chance. Frankfurt a. M.: Peter Lang GmbH.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (3), 3-18.
- Krapp, A. (1993). Die Psychologie der Lernmotivation. Zeitschrift für Pädagogik, 39, 2, 187-206.
- Krüger, D. (2000). Gentechnik-Unterricht mit dem Computer - Chance oder Flop? Praxis der Naturwissenschaften - Biologie 2/49, 28-33.
- Krüger, D. (Hrsg.) (2002). CD-ROM Lernprogramm Gentechnik. Berlin: Cornelsen-Verlag.
- Krüger D. (in Druck). Lernen im computergestützten Gentechnikunterricht: Feldstudie zum Einsatz des Computers in der Sekundarstufe II. Tagungsband der Sektion Biologiedidaktik. Rendsburg.
- Krüger, D. ((b) in Druck). Gentechnik im Klassenzimmer: Neue Medien machen es möglich?, Praxis der Naturwissenschaften - Biologie.
- Leutner, D. (2002). Programmierter und computergestützter Unterricht. In: D. H. Rost (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogische Psychologie, 2. Aufl., (S. 555-562). Weinheim: Beltz-PVU.
- Lewalter, D. (1997). Kognitive Informationsverarbeitung beim Lernen mit computerpräsentierten statischen und dynamischen Illustrationen. Unterrichtswissenschaft, 25, 207-222.
- Mayer, R.E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? Educational Psychologist, 32 (1), 1-19.
- Nathan M.J. & Resnick, L.B. (1994). Less can be more: Unintelligent tutoring based on psychological theories and experimentation. In: S. Vosniadou, E. De Corte & H. Mandl (Eds.), Technology-based learning environments. Psychological and educational foundations (pp 183-192). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Nerdel, C., Precht, H., Bayrhuber, H. (in Druck). Wirkung computergestützter interaktiver Animationen auf das Verständnis von Konzepten komplexer biologischer Prozesse am Beispiel der Atmungskette. Tagungsband der Sektion Biologiedidaktik. Rendsburg.
- Pondorf, P. (1998). Computereinsatz im Biologieunterricht der Realschule. GCA-Verlag.
- Rindermann, H. (2001). Evaluation besonderer Instruktionsformen: Computerbasierter medialer Unterricht. In: H. Rindermann, Lehrevaluation (S. 293-302). Landau: Verlag Empirische Pädagogik
- Schiefele, U.(1991). Interest, Learning, and Motivation. Educational Psychologist, 26 (3&4), 299-323.
- Todt, E. & Götz, C. (1997). Hoffnungen und Befürchtungen gegenüber Gentechnik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3 (2), 15-22.
- Todt, E. & Götz, C. (1998). Interesse von Jugendlichen an der Gentechnologie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4 (1), 3-11.
- Urhane, D., Prenzel, M., von Davier, M, Senkbeil, M. & Bleschke, M. (2000). Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 6, 157-186.

- Weinstein, C.E. & Mayer, R.E. (1986). The teaching of learning strategies. In: M. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching*, 3rd Ed. (pp. 315-327). New York: Macmillan.
- Zuckerman, M., Porac, J., Lathin, D., Smith, R. & Deci, E.L. (1978). On the importance of self-determination for intrinsically motivated behavior. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 4, 443-446.

Dr. Dirk Krüger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Zentrum für Didaktik der Natur- und der Sozialwissenschaften des Fachbereichs Erziehungswissenschaften der Universität Hannover

Dr. Dirk Krüger  
Universität Hannover  
Zentrum für Didaktik der Natur- und Sozialwissenschaften  
Abteilung Biologiedidaktik  
Bismarckstr. 2  
D-30173 Hannover  
krueger@erz.uni-hannover.de