

UNIVERSITÄT
BAYREUTH

Universität Bayreuth
Lehrstuhl Didaktik der Biologie

**eLearning-gestützter Unterricht am außerschulischen
Lernort Labor:
Schülervorstellungen und kognitives Lernen**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

- Dr. rer. nat. –

der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften
der Universität Bayreuth

vorgelegt von
M. Ed. C/B

Jessica Langheinrich
2015

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von September 2013 bis September 2015 am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie der Universität Bayreuth unter Betreuung von Herrn Prof. Dr. Franz X. Bogner angefertigt.

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

Dissertation eingereicht am: 11.09.2015

Zulassung durch die Promotionskommission: 01.10.2015

Wissenschaftliches Kolloquium: 27.11.2015

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Stefan Schuster

Prüfungsausschuss:

Prof. Dr. Franz Xaver Bogner (Erstgutachter)

Prof. Dr. Ludwig Haag (Zweitgutachter)

Prof. Dr. Benedikt Westermann (Vorsitz)

Prof. Dr. Klaus Ersfeld

INHALTSVERZEICHNIS

1 SUMMARY	7
2 ZUSAMMENFASSUNG	9
3 AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG.....	11
3.1 Einleitung	11
3.2 Theoretischer Hintergrund.....	12
3.2.1 Schülervorstellungen im Fachbereich Genetik.....	12
3.2.2 eLearning-gestützter Unterricht am außerschulischen Lernort Labor.....	14
3.2.3 Das Computerselbstkonzept	14
3.3 Ziele und Fragestellungen der Teilarbeiten	15
3.4 Methoden.....	18
3.4.1 Das Unterrichtsmodul <i>DNA-Unser Erbgut</i>	18
3.4.2 Datenerhebung und Auswertung der Teilarbeiten A-C.....	19
3.5 Ergebnisse und Diskussion.....	24
3.6 Schlussfolgerung und Ausblick.....	28
4 LITERATURVERZEICHNIS DER ZUSAMMENFASSUNGEN	30
5 TEILARBEITEN.....	37
5.1 Publikationsliste	37
5.2 Darstellung des Eigenanteils	39
5.3 Teilarbeit A.....	41
5.4 Teilarbeit B.....	59
5.5 Teilarbeit C.....	81
ANHANG.....	101

1 SUMMARY

Learning difficulties in the subject of genetics are well-known and they need a special consideration in teaching and learning. Learning at an out-of-school setting may offer a potential solution by taking into account authentic environments that provide primary and authentic experiences which especially promote increases in knowledge. Hereby, integration of eLearning might support visualizing the invisible molecular level of genetic phenomena – and thus help to understand it better. In the past, combination of eLearning with student-centered experimentation was shown to be even more effective than each of the teaching methods on its own. In the present study, this latest information was applied and exemplary transferred to the topic of the DNA structure. For this reason, the designed student-centered teaching-module at the outreach laboratory contained an eLearning-unit with the goal to change existing student conceptions to scientifically more correct perceptions (study A) and to improve cognitive achievement in this part of the curriculum (study C). As the computer-related self-concept may influence learning during the eLearning-part, a scale was validated and applied to investigate the construct for empirical monitoring (study B).

By implementing a *draw-and-write* task, study A proved an increase in conceptual understanding as well as an improvement in the drawn elements and their scientific correctness. Consequently, the participants effectively modified existing conceptions to scientifically more correct ones. This effect persisted over long-term.

In study B, a scale for measuring the computer-related self-concept was successfully validated and re-confirmed. A gender-specific gap appeared which can possibly impact cognitive achievement and marks in school. To evaluate this assumed impact, the validated scale was applied for measuring the influence of the individual computer-related self-concept on the learning progress during the eLearning-unit in the outreach laboratory (study C). Results showed a sustainable increase in knowledge for the overall teaching-unit as well as the eLearning-subunit, which lasted over longer term and was independent from the individual computer-related self-concept.

Overall, the presented study confirmed the positive linkage of experiment- and computer-based learning modules to impact student conceptions and cognitive achievement. Hereby, the knowledge increase showed independence from the computer-related self-concept. Therefore, the implementation of eLearning to visualize invisible phenomena is

SUMMARY

suitable for a wide range of students. Expansion to classrooms seems suitable since the application of eLearning-supported experimentation is cross-curricularly convertible at school, too. Furthermore, nearly every German secondary school offers enough computers (desktop pc, notebook or netbook) to implement eLearning to every day classrooms. In addition to that, every second school possesses smartboards in classrooms which are also suitable for teaching with eLearning-elements (see Initiative D21). Hence, future experiment-based lessons may benefit from integrating eLearning.

2 ZUSAMMENFASSUNG

Im Biologieunterricht sind Lernschwierigkeiten im Fachbereich Genetik bekannt. Das Lernen am außerschulischen Lernort Labor kann dem entgegenwirken und über schülerzentriertes Arbeiten in einer authentischen Lernumgebung Primärerfahrungen vermitteln, welche ihrerseits zu einem langfristigen und hohen Wissenszuwachs führen. Das Einbinden von eLearning in den außerschulischen Unterricht bietet zusätzlich die Möglichkeit nicht sichtbare molekulargenetische Phänomene zu visualisieren. Aus früheren Arbeiten ist bekannt, dass die Kombination von eLearning-Instrumenten mit schülerzentrierten Experimenten wesentlich effektiver ist als jede der beiden Methoden für sich allein. Dieser Zusammenhang wurde in der vorliegenden Studie aufgegriffen und im konkreten Fall auf die DNA-Struktur angewandt. Das für die Jahrgangsstufe 11 entwickelte Unterrichtsmodul am außerschulischen Lernort Labor enthielt daher neben schülerzentriertem Experimentieren auch eine eLearning-Einheit. Erklärtes Ziel war die Annäherung vorhandener Schülervorstellungen zur DNA-Struktur an fachwissenschaftlich anerkannte Konzepte (Teilstudie A) und die Evaluation kognitiver Lernerfolge in diesem Lehrplanbereich (Teilstudie C). Aufgrund der Vermutung eines Einflusses des Computerselbstkonzeptes auf den in der Computer-Lerneinheit erhaltenen Wissenszuwachs wurde zusätzlich das Computerselbstkonzept empirisch erfasst. Hierzu wurde eine entsprechende Skala zur Messung des Computerselbstkonzeptes überprüft (Teilstudie B).

In der qualitativen Teilstudie A konnte mittels einer *Draw-and-Write*-Aufgabenstellung eine Verbesserung des konzeptuellen Verständnisses sowie der gezeichneten Inhalte über den Unterricht hinweg nachgewiesen werden. Demzufolge konnten die teilnehmenden Schüler¹ vorhandene Vorstellungen fachwissenschaftlichen Konzepten annähern. Dieser Effekt blieb auch langfristig erhalten.

In Teilstudie B konnte die Skala für die Messung des Computerselbstkonzeptes vorab erfolgreich bestätigt werden. Dabei wurden geschlechtsspezifische Unterschiede im Computerselbstkonzept sichtbar, welche ihrerseits im Schulalter Auswirkungen auf Lernerfolge und schulische Leistungen nach sich ziehen können. Aus diesem Grund wurde die validierte Skala des Computerselbstkonzeptes in Teilstudie C eingesetzt, um den Einfluss dessen auf den kognitiven Wissenszuwachs zu evaluieren. Die Ergebnisse

¹ Personenbezeichnungen werden aus Gründen der besseren Lesbarkeit in Folge lediglich in der männlichen Form verwendet. Dies schließt die Nennung des weiblichen Geschlechtes jedoch mit ein.

ZUSAMMENFASSUNG

zeigten einen Lernfortschritt für das gesamte Unterrichtsmodul wie auch für die eLearning-Einheit. Dieser Wissenszuwachs blieb ebenfalls langfristig erhalten und stellte sich als unabhängig vom Computerselbstkonzept heraus.

Die gesamte Studie konnte bestätigen, dass die Kopplung von experimentalen und eLearning-gestützten Unterrichtseinheiten Schülervorstellungen und kognitives Lernen signifikant positiv beeinflussen. Da sich der Wissenszuwachs als unabhängig vom Computerselbstkonzept darstellte, eignet sich der Einsatz von eLearning zur Visualisierung molekularer Phänomene für ein breites Schülerspektrum. Diese Ergebnisse sind keineswegs auf das Lernen am außerschulischen Lernort Labor beschränkt, denn der Einsatz von eLearning-gestützten Experimentaleinheiten ist themenübergreifend auch in der Schule möglich. In nahezu allen weiterführenden Schulen sind ausreichend Computer (Desktop-PC, Notebook oder Netbook) für den Einsatz von eLearning im Unterricht vorhanden. Des Weiteren sind in mehr als jeder zweiten Schule interaktive Whiteboards im Klassenzimmer verfügbar, die unter anderem für das Einbinden von eLearning-Elementen in den Unterricht geeignet sind (siehe Initiative D21). Demzufolge könnte in naher Zukunft jeder Experimentalunterricht durch die Integration von eLearning profitieren.

3 AUSFÜHRLICHE ZUSAMMENFASSUNG

3.1 Einleitung

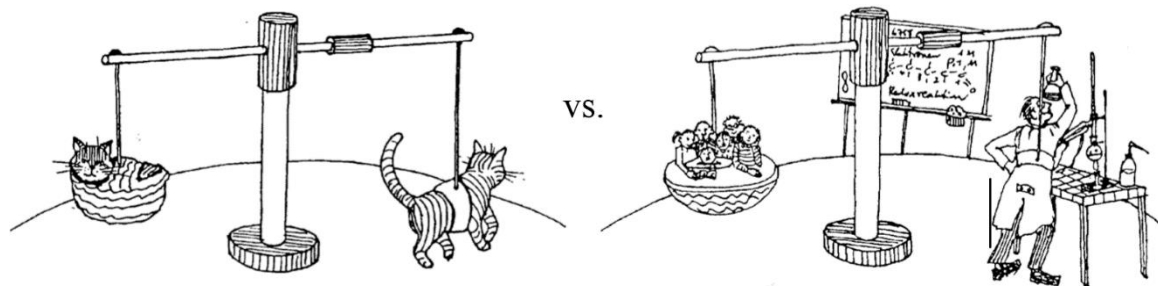


Abbildung 1: Das Körbchenkätzchenexperiment im Klassenzimmer? ²

Ein Versuchsaufbau aus den 1960er Jahren ist als Körbchenkätzchenexperiment in die Literatur eingegangen (Held & Hein, 1963): Zwei Kitten aus demselben Wurf wurden mehrere Stunden täglich über einen längeren Zeitraum hinweg in einer Versuchsanordnung gehalten. Eines der Jungtiere saß dabei in einem Korbchen und war über einen drehbaren Arm mit dem anderen Kitten in Verbindung, welches sich in einem bestimmten Radius frei bewegen konnte. Jede Bewegung des aktiven Kätzchens löste demzufolge die gleiche Bewegung für das passive Kätzchen aus. In Folge dessen erhielten beide Jungtiere die gleichen visuellen Eindrücke mit dem Unterschied, dass lediglich das aktive Kätzchen diese selber steuerte. Bei einem Folgeexperiment nach einigen Wochen wurden beide Kitten auf eine Planke gesetzt. Diese konnte auf der einen Seite durch einen kleinen Sprung und auf der anderen Seite durch einen Sturz verlassen werden. Nur das aktive Kätzchen konnte die Planke durch einen Sprung verlassen, da es sich offensichtlich selbstständig mit Hilfe seiner Gesichtsfelder ein gültiges Bild der äußeren Welt in Bezug auf Bewegung verschafft hatte. Auch Schüler können im Unterricht häufig, im übertragenen Sinne, als „Korbchenkätzchen“ bezeichnet werden, denn der Schulalltag besteht für sie zum größten Teil aus lehrerzentriertem Unterricht. Übersetzt würde das für den Biologieunterricht bedeuten: Die Lehrkraft demonstriert, experimentiert, erklärt biologische Sachverhalte und trägt diese vor. Die Schüler hingegen beobachten und folgen der Lehrkraft ohne eigene Beteiligung am Unterrichtsgeschehen. Diese lehrerzentrierte Form von Wissensvermittlung zielt vor allem darauf ab, dem Lerner möglichst viel Wissen in wenig Zeit zu vermitteln. Im Gegensatz zu dieser

² Quelle: Anonym (o. J.): Schülerexperimente.
http://www.chemie.uni-mainz.de/LA/pdf/6_Schuelerexperimente.pdf (Zugriff: 01.07.2015).

Unterrichtsmethode steht der schülerzentrierte Arbeitsansatz: Hierbei lernen Schüler aktiv und erarbeiten sich Wissen selbstständig. Dies wird auch explizit in den Bildungsstandards gefordert. Schüler sollen eigenständig biologische Fragen und Hypothesen finden und formulieren können, Daten hypothesen- und fehlerbezogen auswerten und interpretieren sowie Arbeitstechniken zielgerichtet auswählen oder variieren (KMK, 2005). Zum Erreichen dieser Anforderungsstufe ist eine schülerzentrierte Arbeitsweise im Unterricht unverzichtbar. In der fachdidaktischen Forschung konnte des Weiteren gezeigt werden, dass schülerzentrierter Unterricht längerfristig einen stabileren und höheren Wissenszuwachs sicherstellt (Gerstner & Bogner, 2010; Randler & Bogner, 2006). Der experimentell gestützte Unterricht am außerschulischen Lernort Labor greift dieses Wissen auf und ermöglicht Schülern ein praxisorientiertes Lernerlebnis in einer authentischen Lernumgebung (Hofstein & Lunetta, 2004).

Genetik stellt für viele Schüler eine große Herausforderung im biologischen Unterricht dar (Bahar, Johnstone, & Hansell, 1999; Venville & Treagust, 1998). Der Besuch eines Schülerlabors kann dem entgegen wirken und das Wissen dauerhaft steigern (Scharfenberg et al., 2007). Ergänzend kann durch Visualisierung der molekularen Ebene das notwendige Verständnis erleichtert werden. Hierfür eignen sich insbesondere eLearning-Instrumente wie Animationen oder Simulationen, die einzelne Bereiche genauer beleuchten und biologische Vorgänge sichtbar machen (Levy, 2013). Auf der Basis dieses Wissens wurde für diese Arbeit ein eLearning-gestütztes Schülermodul am außerschulischen Lernort Labor zum Thema „DNA-Struktur“ entwickelt, durchgeführt und evaluiert.

3.2 Theoretischer Hintergrund

3.2.1 Schülervorstellungen im Fachbereich Genetik

Schülervorstellungen beeinflussen das Lernen, einschließlich der Art und Weise, wie Schüler Phänomene beobachten, ihre Beobachtungen erklären und die neu gewonnenen Erkenntnisse in bereits bestehende Wissensstrukturen integrieren (Driver & Easley, 1978). Karmiloff-Smith und Inhelder (1975) konnten dies exemplarisch in ihrer Studie aufzeigen: Vierjährigen und achtjährigen Kindern wurde die vermeintlich einfache Aufgabe erteilt, Metallblöcke aufeinander zu stapeln (vgl. Abb. 2). Äußerlich nicht

sichtbar lag der Schwerpunkt mancher Blöcke nicht in der Mitte, da sie auf jeweils einer Seite einen Hohlraum oder ein Zusatzgewicht enthielten. Durch simples Ausprobieren fiel es den Vierjährigen nicht schwer diese Aufgabe zu lösen. Die achtjährigen Kinder wussten bereits, wo sich der Schwerpunkt befinden würde, nämlich in der Mitte. Sie waren daher nicht in der Lage diese bestehenden Vorstellungen abzulegen und die Aufgabe zu lösen.

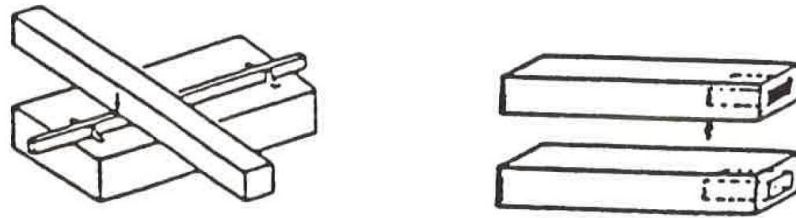


Abbildung 2: Das Balancieren von Metallblöcken aus der Studie von Karmiloff-Smith und Inhelder (1975).³

Im Schulkontext werden insbesondere Schülervorstellungen relevant, die nicht den fachwissenschaftlich bestätigten Konzepten entsprechen. Diese Art von Schülervorstellungen werden häufig als alternative Vorstellungen bezeichnet (vgl. Driver & Easley, 1978; Franke, Scharfenberg, & Bogner, 2013; Fröhlich, Goldschmidt, & Bogner, 2013). Alternative Vorstellungen können unter anderem ein Resultat von ungenauer und vielseitig interpretierbarer Ausdrucksweise von Lehrern oder Schulbüchern sein. Sind derartige Vorstellungen erst vorhanden, sind sie schwer wieder richtig zu stellen (Barrass, 1984; Dikmenli, 2010; Yip, 1998). Besonders im Fachbereich Genetik fällt es Schülern schwer, ein umfassendes wissenschaftliches Verständnis zu entwickeln (Bahar et al., 1999; Venville & Treagust, 1998). Auffallend ist die Unklarheit der verschiedenen Organisationsebenen *DNA*, *Gen* und *Chromosom* (Lewis & Wood-Robinson, 2000; Saka, Cerrah, Akdeniz, & Ayas, 2006). Viele Studien untersuchten bereits alternative Vorstellungen im Fachbereich Genetik (Lewis & Wood-Robinson, 2000; Shaw, Van Horne, Zhang, & Boughman, 2008). Die Studie von Saka et al. (2006) soll im Folgenden zur Verdeutlichung genauer dargestellt werden. Durch einen Zeichentest wurden die Teilnehmer aufgefordert Gene, DNA und Chromosomen des Zellkerns in eine eukaryotische Zelle einzuzeichnen. Die Zeichnungen zeigten beispielsweise Gene, die als „X“ dargestellt wurden, Gene, DNA und Chromosomen

³ Quelle: Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W., & Mayer, J. (1998). Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis, S. 172, Kiel: IPN.

außerhalb des Nucleus oder DNA, die als Nucleus bezeichnet wurde. Es wird deutlich, dass die Teilnehmer alternative Vorstellungen zeigten, jedoch blieb offen, ob diese Vorstellungen lediglich auf der Unklarheit der verschiedenen Organisationsebenen beruhen oder auf allgemeinem Unverständnis bezüglich jeder einzelnen Ebene.

3.2.2 eLearning-gestützter Unterricht am außerschulischen Lernort Labor

Unterricht am außerschulischen Lernort kann neben dem Wissenszuwachs beispielsweise zusätzlich ein hohes Interesse und Wohlbefinden bei den Schülern bewirken (Meissner & Bogner, 2011; Scharfenberg, Bogner, & Klautke, 2008). Primärerfahrungen, das heißt die unmittelbaren Erfahrungen, die Schüler hierbei machen können, erlauben ein Erarbeiten neuen Wissens in authentischen Lernumgebungen (Euler, 2004). In Schülerlaboren wird daher besonders auf eigenständiges Experimentieren Wert gelegt. Um diese Lernerfahrung noch ganzheitlicher zu gestalten, empfehlen Hofstein und Lunetta (2004) das zusätzliche Einbinden von Online-Lernressourcen. Gerade im Fachbereich Genetik können diese Unterrichtsmittel dazu verwendet werden, schwer visualisierbare Phänomene auf molekularer Ebene, beispielsweise in Form von interaktiven Modellen, sichtbar zu machen (Levy, 2013). Interaktive Modelle bieten dabei den Vorteil, die Aufmerksamkeit beim Arbeiten mit dem Modell nur auf bestimmte, vom Programm ermöglichte, Interaktionen zu bündeln (Barrett, Stull, Hsu, & Hegarty, 2015). Dies könnte unter anderem der Grund dafür sein, dass Arbeiten mit interaktiven Modellen zu einem sehr umfassenden Verständnis führen und sogenanntes „träges Wissen“, also theoretisch vorhandenes Wissen, das jedoch nicht angewendet werden kann, verhindern kann (Ferk, Vrtacnik, Blejec, & Gril, 2003; Ryoo & Linn, 2012). Des Weiteren ermöglicht Arbeiten mit interaktiven Modellen die Förderung eines konzeptuellen Verständnisses, welches für Schüler im Fach Genetik häufig ein Problem darstellt (Lewis & Wood-Robinson, 2000; Olympiou, Zacharias, & deJong, 2013; Saka, Cerrah, Akdeniz, & Ayas, 2006).

3.2.3 Das Computerselbstkonzept

Der Einsatz von Computern ist heute in allen Lebensbereichen üblich. Dennoch stufen Mädchen ihre Computerkenntnisse oft schlechter ein, suchen den digitalen sozialen Austausch seltener und besitzen weniger theoretisches Wissen im ICT-Bereich. Dieses

Wissen steht in einem engen Zusammenhang mit dem Computerselbstkonzept, welches wiederum mit computerbasiertem Lernen verknüpft ist (Christoph, Goldhammer, Zylka, & Hartig, 2015). Marsh, Trautwein, Lüdke, Köller und Baumert (2005) konnten sogar nachweisen, dass vom Selbstkonzept Rückschlüsse auf Schulnoten gezogen werden können. Das Computerselbstkonzept definiert sich als ein dynamisches Konstrukt, welches computerbezogene Verhaltensweisen bestimmt und im Gegenzug genauso von vergangenen Erfahrungen mit Computern sowie des eigenen Umfelds beeinflusst wird (Janneck, Vincent-Höper, & Ehrhardt, 2013). Das Arbeiten mit Computern im Unterricht ist demnach kritisch zu beleuchten, da die natürliche Heterogenität in Schulklassen ungewollt zu einer starken Diskrepanz im Lernerfolg bei Jungen und Mädchen führen kann.

3.3 Ziele und Fragestellungen der Teilarbeiten

Lernschwierigkeiten im Fachbereich Genetik äußern sich häufig in der Unklarheit der verschiedenen Organisationsebenen (Lewis & Wood-Robinson, 2000; Saka, Cerrah, Akdeniz, & Ayas, 2006). Biologieunterricht sollte deswegen Schülern neben Fachwissen auch Methoden der Erkenntnisgewinnung, Kommunikationsfähigkeit und Bewertungskompetenz vermitteln können (KMK, 2005). Schülerzentrierter Unterricht am außerschulischen Lernort Labor basiert auf diesen vier Kompetenzbereichen und kann somit schwierige Verstehensprozesse unterstützen. Durch zusätzliches Einbinden von eLearning kann zudem die mit dem bloßen Auge nicht sichtbare molekulare Organisationsebene im Fach Genetik verdeutlicht werden. Aus diesem Grund wurde für die vorliegende Studie ein schülerzentriertes Unterrichtsmodul entwickelt, welches neben experimentellen Einheiten auch eLearning-Elemente beinhaltet. Ziel des Moduls war die Annäherung von Schülervorstellungen an fachwissenschaftlich anerkannte Konzepte und die Erhöhung des kognitiven Wissens in einer authentischen Lernumgebung.

Teilarbeit A

Viele Studien bewiesen bereits, dass Schüler zahlreiche alternative Vorstellungen bei der Zuordnung der Organisationsebenen *DNA*, *Gen* und *Chromosom* in der Genetik besitzen (Lewis & Wood-Robinson, 2000; Saka, Cerrah, Akdeniz, & Ayas, 2006;

Shaw et al., 2008). Dennoch konnte bisher noch nicht spezifiziert werden, ob Schüler alternative Vorstellungen auf jeder Organisationsebene besitzen oder ob solche Vorstellungen auf der Unklarheit der Organisationsebenen selber beruhen. Aus diesem Grund war es Ziel dieser Teilarbeit einen Fragebogen unter Vorgabe der Organisationsebene zu entwerfen. Mit Hilfe einer solchen Aufgabenstellung sollten alternative Schülervorstellungen, begründet in der Unklarheit der Organisationsebene, vermieden werden. Die Entwicklung eines objektiven Kategoriensystems für die Analyse der Ergebnisse war diesem Ziel angeknüpft. Des Weiteren sollten durch ein schülerzentriertes und eLearning-gestütztes Unterrichtsmodul am außerschulischen Lernort Labor die analysierten Schülervorstellungen an fachwissenschaftliche Konzepte angenähert werden. Folgende Forschungsfragen lagen dieser Teilarbeit zu Grunde:

- (1) Weisen Schüler unter Vorgabe der Organisationsebene alternative Vorstellungen zur DNA-Struktur auf?
- (2) Können diese Vorstellungen durch eLearning-gestützten Unterricht am außerschulischen Lernort Labor an fachwissenschaftlich korrekte Konzepte angenähert werden?

Teilarbeit B

Der Einsatz von Computern im Unterricht bietet zahlreiche Lernmöglichkeiten und -methoden. Ein positives Computerselbstkonzept ermöglicht diese Lernumgebung auch vollständig zu nutzen, da das Selbstkonzept, neben dem eigenen Verhalten im Umgang mit dem Medium, auch die resultierenden Schulnoten beeinflusst (Choi, 2005; Markus & Nurius, 1986). Aus diesem Grund sollten die im Unterricht verwendeten Methoden auf die entsprechende Schülergruppe angepasst sein. Dies erfordert ein entsprechendes valides Messinstrument für das Computerselbstkonzept. Um den unterrichtlichen Einsatz eines wissenschaftlichen Fragebogens zu ermöglichen, sollte dieser möglichst kurz sein, um den täglichen Unterrichtsverlauf so wenig wie möglich zu unterbrechen. Um die Anwendung und die Auswertung zu erleichtern, ist der Einsatz eines kurzen einfaktoriellen Messinstrumentes empfehlenswert. Grundsätzlich ist jedoch unabdingbar, dass der Fragebogen valide ist. Diese Validierung sollte in einem Fragebogen resultieren, der so kurz wie möglich ist und dabei eine gute Reliabilität und

Validität aufweist (Ferketich, 1991). Schwanzer (2002) schlug eine Kurzskaala für das Messen des Computerselbstkonzepts vor, ohne jedoch eine ausreichende Validierung durchzuführen. Ziel dieser Teilarbeit war es deswegen, die Skala zu validieren und in verschiedenen Altersgruppen einzusetzen, um mögliche Unterschiede in den Computerselbstkonzeptwerten festzustellen, die sich ihrerseits auf unterrichtliche Leistungen auswirken können. Diese Teilarbeit umfasste folgende Forschungsfragen:

(1) Zeigen verschiedene Altersgruppen signifikante Unterschiede im Computerselbstkonzept, die vor allem im unterrichtlichen Einsatz von eLearning eine Rolle spielen könnten?

(2) Gilt dies auch für die Geschlechtergruppen in den verschiedenen Altersgruppen?

Teilarbeit C

Für den außerschulischen Lernort Labor konnte bereits nachgewiesen werden, dass Wissen langfristig gesteigert werden kann (Scharfenberg et al., 2007). Ein zusätzliches Einbinden von digitalen 3D-Visualisierungen würde dem Genetikunterricht zahlreiche neue Möglichkeiten eröffnen, insbesondere wenn molekulare und schwer sichtbare Phänomene veranschaulicht werden können. Hierbei kann das Selbstkonzept einen großen Einfluss auf erlerntes Wissen haben (Guay, Marsh, & Boivin, 2003; Marsh, 1990; Marsh & Craven, 2006). Ob speziell das Computerselbstkonzept den Wissenszuwachs beeinflusst, wurde in der Forschung bisher noch nicht thematisiert. Aus diesem Grund lauten die Forschungsfragen für diese Teilarbeit wie folgt:

(1) Lernen die Schüler durch ein eLearning-gestütztes Unterrichtsmodul am außerschulischen Lernort Labor kurz- wie auch langfristig dazu?

(2) Ist ein zu erwartender Wissenszuwachs durch die Computer-Lerneinheit abhängig vom individuellen Computerselbstkonzept?

3.4 Methoden

3.4.1 Das Unterrichtsmodul *DNA-Unser Erbgut*

Die Inhalte des Unterrichtsmoduls *DNA-Unser Erbgut* für die Jahrgangsstufe 11 wurden gemäß des bayerischen Lehrplans gestaltet (Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, 2007). Der Projekttag im Demonstrationslabor Bio-/Gentechnik der Universität Bayreuth dauerte sechs Schulstunden (270 Min.), durchgeführt von jeweils demselben Lehrpersonal. Die Lehrmaterialien und den Ablauf des Projekttag wurden zuvor in einer Pilotstudie getestet.

Der Unterricht im Schülerlabor bestand aus vier Lernabschnitten: eine PreLab-Phase, zwei experimentelle Einheiten und eine eLearning-Phase (vgl. Abb. 3). Jeder dieser Lernabschnitte bestand aus einer theoretischen Einführung, einer schülerzentrierten Durchführung und einer abschließenden Diskussion. Alle Schüler arbeiteten jeweils in Tandems.

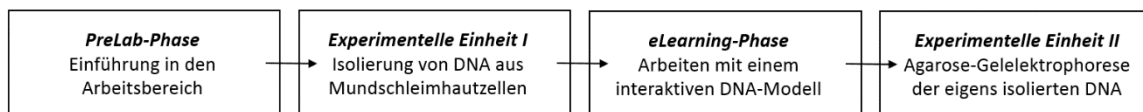


Abbildung 3: Schematischer Ablauf des Kurstages *DNA-Unser Erbgut* im Demonstrationslabor Bio-/Gentechnik der Universität Bayreuth.

In der PreLab-Phase lernten die Schüler für den Kurstag benötigte Arbeitstechniken kennen, wie Zentrifugieren, Pipettieren und Dekantieren, um unterschiedliche Lernerfolge begründet in mangelnden Experimentierfähigkeiten zu vermeiden (Bryce & Robertson, 1985; Scharfenberg & Bogner, 2011). Im Anschluss führten die Schüler die Isolierung von DNA aus Mundschleimhautzellen und die Agarose-Gelelektrophorese der eigens isolierten DNA durch. Als Brücke zwischen sichtbarer und mit dem bloßen Auge nicht sichtbarer Ebene zwischen den Versuchen diente die eLearning-Einheit, in welcher anhand eines interaktiven DNA-Modells wichtige Informationen über die DNA-Struktur erarbeitet wurden (DNA-Modell, siehe <http://www.chemie-interaktiv.net>; ©R.-P. Schmitz). Eine ausführliche Versuchsanleitung erlaubte nach der PreLab-Phase selbstständig zu arbeiten. Sie beinhaltete neben den Versuchsanweisungen auch theoretische Hilfestellungen.

Der Wechsel der Organisationsebenen *Zelle, Zellkern, Chromosomen* und *DNA* war ein zentraler Punkt der Intervention und wurde immer wieder verdeutlicht.

3.4.2 Datenerhebung und Auswertung der Teilarbeiten A-C

Abhängig von den Zielen und Fragestellungen variierte das Design der Teilarbeiten der Studie. Für Teilstudie A und C wurde jeweils die gleiche Stichprobe verwendet (Schüler der Jahrgangsstufe 11). Die Anzahl der Teilnehmer unterscheidet sich dennoch geringfügig aufgrund der Zahl vollständig ausgefüllter Fragebögen. Für Teilstudie B wurden Schüler der Jahrgangsstufe 11 und 8 sowie Studenten verschiedener Fachrichtungen befragt. Alle Daten wurden mit schriftlichen („*paper-and-pencil*“) Tests erhoben. Die Testpersonen wurden nicht auf den Test vorbereitet und die Lehrkräfte der teilnehmenden Schulklassen wurden gebeten, keine Inhalte der Intervention während des gesamten Befragungszeitraums zu unterrichten. Die Teilnahme an der Studie war freiwillig. Die statistische Auswertung aller Daten erfolgte mit IBM SPSS Statistics (Version 22.0).

Teilarbeit A

In Teilarbeit A wurden alternative Vorstellungen zur DNA-Struktur mithilfe einer *Draw-and-Write*-Aufgabenstellung (vgl. Abb. 4, vollständige Aufgabenstellung siehe Anhang A) abgefragt. Durch Abbildung immer weiter vergrößerter Teilstrukturen einer Zelle wurde die zu zeichnende Organisationsebene der DNA verdeutlicht (vgl. Abb. 4). Der Fragebogen wurde in einem Vortest (T0, eine Woche vor Teilnahme an der Intervention), einem Nachtest (T1, direkt nach Teilnahme an der Intervention) und in einem Behaltenstest (T2, 9 Wochen nach Teilnahme an der Intervention) abgefragt. Somit konnte festgestellt werden, ob sich, ausgehend von einem Vergleichswert im Vortest, die Schülervorstellungen dauerhaft veränderten.

Insgesamt beteiligten sich 182 Schüler (Altersdurchschnitt $M = 16,9$; $SD = 0,86$) an der Studie. Das Geschlechterverhältnis war ausgeglichen (91 weiblich, 90 männlich, 1 unbekannt).

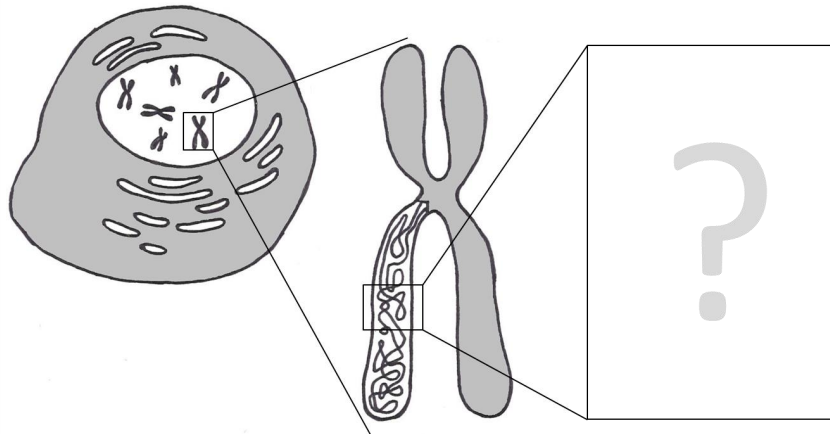


Abbildung 4: Durch Abbildung immer weiter vergrößerter Teilstrukturen einer Zelle wurde die zu zeichnende Organisationsebene der DNA verdeutlicht.

Um zu überprüfen, ob das Ausfüllen des Zeichentests einen Einfluss auf die Veränderung der Schülervorstellungen hat, füllten zusätzlich im Rahmen einer Test-Retest-Stichprobe 41 Schüler (Altersdurchschnitt $M = 16,0$; $SD = 1,2$; 23 weiblich; 18 männlich) den Fragebogen zwei Mal im Abstand von 5 Wochen aus, ohne an der Intervention teilzunehmen.

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels zweier Kategoriensysteme: Das Kategoriensystem für konzeptuelles Verständnis und das Kategoriensystem für dargestellte Inhalte. Die Objektivität beider Kategoriensysteme wurde durch Intra- und Interraterreliabilität überprüft und die Übereinstimmung konnte als *beachtlich* befunden werden (für jede Kategorie Cohen's $\kappa > 0,643$; Landis & Koch, 1977).

Das Kategoriensystem für konzeptuelles Verständnis wurde der Literatur entnommen und an die Themenstellung der DNA-Struktur angepasst (Cinici, 2013; Dikmenli, 2010; Köse, 2008). Die Auswertung erfolgte gemäß der Vorgabe durch die Einteilung der Zeichnung in ein 5-Stufen-System. Die fünf Stufen für konzeptuelles Verständnis lauteten wie folgt:

- Stufe 1:** Keine Vorstellung oder Teilnahme verweigert.
- Stufe 2:** Nichtrepräsentative Zeichnungen und Beschriftungen.
- Stufe 3:** Unvollständige Zeichnungen und Beschriftungen oder Antworten mit alternativen Vorstellungen.
- Stufe 4:** Teilweise korrekte Zeichnungen und Beschriftungen der DNA-Struktur.
- Stufe 5:** Annähernd korrekte und vollständige Zeichnungen der DNA-Struktur.

Das Kategoriensystem für dargestellte Inhalte evaluierte die gezeichneten Elemente der DNA-Struktur sowie deren fachwissenschaftliche Richtigkeit. Die Erstellung dieses Kategoriensystems geschah induktiv aus den gezeichneten Ergebnissen heraus (Mayring, 2004). Als Resultat ergaben sich sechs Überkategorien zu bewertender Inhalte: die Gestaltung der *Basen*, des *Desoxyribose-* und *Phosphatbausteins*, die Darstellung der *Primär-* und *Sekundärstruktur* sowie das Erkennen der *Organisationsebene*. Diese Überkategorien erforderten eine weitere Untergliederung in Subkategorien. So beinhaltet die Kategorie *Basen* beispielsweise drei Subkategorien: die Darstellung der Basen, der Wasserstoffbrückenbindungen und die Verknüpfung der Basen mit dem DNA-Rückgrat. Diese Unterkategorie unterlag anschließend einer Gewichtung nach der Ausprägung der Subkategorie. Für die Überkategorie *Basen* ist die Kategorisierung in Tabelle 1 exemplarisch dargestellt. Jeder Schüler erreichte in jeder Unterkategorie demzufolge eine bestimmte Wertung. Diese Wertungen wurden über die Gesamtgruppe für die Auswertung gemittelt.

Tabelle 1. Exemplarische Darstellung der Überkategorie Basen und einer zugehörigen Subkategorie.

Über-kategorie	Unterkategorie	Wertung	Beschreibung
Basen	Verknüpfung der Basen mit dem DNA-Rückgrat	0	Basen sind <i>nicht</i> verknüpft mit dem Rückgrat
		1	Basen sind verknüpft mit dem Rückgrat
		2	Basen sind <i>richtig</i> verknüpft mit dem Rückgrat

Für die statistische Auswertung der Daten wurden auf Grund der nicht-normalverteilten Daten ausschließlich nicht-parametrische Tests verwendet. Die Veränderung des konzeptuellen Verständnisses über die drei Testzeitpunkte hinweg wurde mit dem Friedman-Test ermittelt, der Vergleich zwischen den verschiedenen Testzeitpunkten jeweils mittels des Wilcoxon Rangsummen-Tests.

Teilarbeit B

Für die Validierung der Computerselbstkonzept-Skala wurden die Items im Wortlaut aus der Literatur übernommen und eingesetzt (Schwanzer, 2002). Ein Item wurde ausgeschlossen, da es nicht mehr als zeitgemäß beurteilt werden konnte („Eigentlich waren mir die Zeiten mit der guten alten Schreibmaschine lieber, als man noch nicht mit Computern zu tun haben musste.“).

Tabelle 2. Die Computerselbstkonzeptskala nach Schwanzer (2002).

Benennung des Items nach Schwanzer (2002)	Item
coepn1	Es ist mir sehr wichtig mit dem Computer zu arbeiten.
coepn2	Am Computer zu spielen oder zu arbeiten macht mir richtig Spaß.
coepn3	Ich benutze den Computer, weil mich das sehr interessiert.
coepn4	Die Beschäftigung mit Computerprogrammen ist mir sehr wichtig.
coepn5	Gute Computerkenntnisse sind für mein Weiterkommen im Studium bzw. Beruf sehr hilfreich.
coepn6	Wenn ich am Computer arbeite, merke ich oft nicht, wie die Zeit vergeht.
coepn7	Für die Beschäftigung am Computer verzichte ich sehr gerne auf andere Aktivitäten.
coepn8	Im Umgang mit Computern stelle ich mich sehr geschickt an.
coepn9	Man kann mich schon als Computer-Crack bezeichnen.
coepn10	Wenn ich ein neues Computer-Programm erlernen muss, fühle ich mich schnell überfordert.
coepn11	Ich setze mich eigentlich nur dann an den Computer, wenn es sich gar nicht vermeiden lässt.

Für die Validierung der Skala wurden exemplarisch Schüler der Jahrgangsstufe 8 und 11 des bayerischen Gymnasiums sowie Studenten verschiedener Fachrichtungen befragt ($N = 488$; Stichprobe 1).

Um auf kriteriale Validität der Skala schließen zu können, wurden 117 Studenten befragt, welche neben der Computerselbstkonzeptskala zusätzlich Angaben zu Außenkriterien machten (Stichprobe 2). Die kriteriale Validität dient dazu, Aussagen darüber treffen zu können, inwieweit die eingesetzte Skala das Computerselbstkonzept so misst, dass es mit relevanten Merkmalen, wie z. B. der Häufigkeit der Computernutzung für bestimmte

Zwecke oder der persönlichen Fähigkeiten im Umgang mit Computern, übereinstimmt. Die Außenkriterien wurden von Schwanzer (2002) übernommen und aktualisiert.

Des Weiteren wurde die Test-Retest-Reliabilität ermittelt. Sie gibt das Maß der Übereinstimmung der Testergebnisse zu verschiedenen Testzeitpunkten an und spricht für die Stabilität des zu messenden Konstrukts. Hierzu erfolgte die Befragung von 75 Schülern der Sekundarstufe, welche die Computerselbstkonzeptskala zwei Mal im Abstand von 12 Wochen ausfüllten (Stichprobe 3). Alle verwendeten Stichproben sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3. Stichproben der Befragung.

Stich- probe	Befragte Teilgruppe	Art der Befragung	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	% weiblich männlich	
1	Jgst. 8		159	13,87	0,604	39,0	61,0
	Jgst. 11	1x CS	214	17,05	0,676	48,6	51,4
	Studenten		115	21,13	2,41	58,3	41,7
2	Studenten	1x CS, 1x AK	117	21,13	2,41	58,1	41,9
3	Sekundarstufe	2x CS	75	16,84	1,07	57,3	42,7

Anmerkung: Jgst. = Jahrgangsstufe, CS = Computerselbstkonzeptskala, AK = Außenkriterien.

Da die Skala in der Literatur zwar vorgeschlagen, jedoch noch nicht validiert war, wurde zu diesem Zweck eine Faktorenanalyse (Hauptachsensanalyse, Varimax-Rotation, Kaiser-Meyer-Olkin-Wert = 0,80) durchgeführt (Stichprobe 1). Alle Items, die Cronbach's α erhöhen würden, Items mit zu geringer Trennschärfe ($< 0,30$), Mehrfachladungen und Ladungen unter 0,40 wurden als unzureichend bewertet und aus der Skala entfernt (Nunnally & Bernstein, 1994; Stevens, 2002). Zur Analyse der Skalenhomogenität wurde eine Interitem-Korrelationsmatrix erstellt und analysiert. Für den Nachweis der kriterialen Validität wurde das mittlere Computerselbstkonzept mit den gemittelten Werten der Außenkriterien korreliert (Stichprobe 2; Spearman-Korrelation, zweiseitig). Die Test-Retest-Reliabilität wurde durch Korrelation der gemittelten Computerselbstkonzeptwerte der beiden Testzeitpunkte miteinander ermittelt (Stichprobe 3).

Für alle weiteren Analysen wurde gemäß des zentralen Grenzwertsatzes die Normalverteilung der Daten angenommen (Stichprobe 1; Field, 2013) und demzufolge parametrisch getestet. Mit Hilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) und

einem anschließendem Tukey Post-hoc-Tests wurden die Computerselbstkonzeptwerte der drei Altersstufen gegenübergestellt. Vergleiche des Computerselbstkonzeptes zwischen den Geschlechtern wurden mit dem t-Test errechnet.

Teilarbeit C

Teilstudie C evaluierte einen erwarteten Wissenszuwachs. Da ein Einfluss des Computerselbstkonzeptes nur auf den Wissenszuwachs in computergestützten Lernsituationen zu erwarten war, wurde in Wissen, das in der eLearning-Phase erworben wurde, und in projektorientiertes Wissen unterschieden. Insgesamt nahmen 162 Schüler der Jahrgangsstufe 11 an dieser Studie teil. Die Stichprobe bestand aus 79 Mädchen und 81 Jungen (1 unbekannt) mit einem Altersdurchschnitt von 17,05 Jahren ($SD = 0,68$). Zur Bewertung des Wissenszuwachses wurde ein Multiple-Choice-Wissenstest mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten pro Frage eingesetzt. Jede Frage bestand aus einer richtigen und drei falschen Antworten. Der Test beinhaltete insgesamt 20 dieser Wissensfragen (Cronbach's $\alpha > 0,63$), 12 Fragen bezüglich der Computer-Lerneinheit und 8 bezüglich des projektorientierten Wissens. Inhaltsvalidität des Fragebogens war durch Anlehnung des Unterrichtes im Schülerlabor und der Fragen an den Lehrplan gegeben. Das Wissen der Schüler wurde eine Woche vor Teilnahme am Unterrichtsmodul (Vortest), direkt nach dem Kurstag (Nachtest) und neun Wochen nach der Intervention (Behaltenstest) abgefragt. Die Analyse der Wissensfragen erfolgte mit Summenwerten der richtigen Antworten. Um Aussagen über den Einfluss des Computerselbstkonzeptes auf den Wissenszuwachs treffen zu können, wurde im Vortest zusätzlich die Computerselbstkonzeptskala eingesetzt.

Eine Test-Retest-Stichprobe, bestehend aus 38 Teilnehmern ($M = 16,08$; $SD = 1,15$; 21 weiblich, 17 männlich), beantwortete den Fragebogen zwei Mal im Abstand von 5 Wochen ohne am Unterrichtsmodul teilgenommen zu haben.

3.5 Ergebnisse und Diskussion

Teilarbeit A

Obwohl Schülervorstellungen im Fachgebiet Genetik schon häufig evaluiert wurden (Lewis & Wood-Robinson, 2000; Shaw et al., 2008), blieb stets unklar, auf welcher

Organisationsebene alternative Schülervorstellungen beruhen. Durch Vorgabe der Organisationsebene der DNA-Struktur konnte in dieser Studie durch eine *Draw-and-Write*-Aufgabenstellung gezeigt werden, dass trotz Vorgabe der Organisationsebene dennoch rund 1/3 der Schüler alternative Vorstellungen besitzen (sie erkannten diese nicht oder falsch). Jedoch konnten die Schülerzeichnungen langfristig durch die eLearning-gestützte Intervention am außerschulischen Lernort Labor signifikant verbessert werden. Demzufolge wurde bestätigt, dass Schüler große Schwierigkeiten haben, die Organisationsebene zu erkennen (Lewis & Wood-Robinson, 2000; Saka et al., 2006; Shaw et al., 2008), dies jedoch durch ein speziell ausgerichtetes Unterrichtsmodul verbessert werden kann. Die Organisationsebene war ein Teil der Auswertung der Schülerzeichnungen bezüglich der dargestellten Inhalte und ihrer fachlichen Richtigkeit. Auch in fünf weiteren Subkategorien, wie beispielsweise der Verknüpfung des DNA-Rückgrats oder Darstellung der Desoxyribose, konnten die Schülervorstellungen fachlich korrekten Konzeptionen näher gebracht werden.

Des Weiteren wurde das konzeptuelle Verständnis durch ein 5-Stufen-System evaluiert. Qualitativ wie auch quantitativ wurde hierbei eine Erhöhung des konzeptuellen Verständnisses durch die Teilnahme am Unterrichtsmodul erzielt. Aus diesem Ergebnis konnte außerdem geschlussfolgert werden, dass die Verbesserung des konzeptuellen Verständnisses lediglich auf der Veränderung der sechs gesteigerten Subkategorien der dargestellten Inhalte beruht. Die Test-Retest-Stichprobe zeigte keine derartige Veränderung. Aus diesem Grund kann ausgeschlossen werden, dass bereits das bloße Ausfüllen des Zeichentests eine Veränderung des konzeptuellen Verständnisses hervorruft.

Diese Teilarbeit konnte exemplarisch bestätigen, dass eLearning gestützter Unterricht am außerschulischen Lernort Labor das konzeptuelle Verständnis steigern kann (Liu, 2006). Es bleibt zu betonen, dass das implementierte Modul auf die Verbesserung des konzeptuellen Verständnisses und der Organisationsebene ausgerichtet war. Nichtsdestotrotz ist eLearning-gestützter und schülerzentrierter Unterricht keineswegs an den außerschulischen Lernort Labor gebunden und kann ebenso, adaptiert an den Klassenunterricht, in der Schule angewendet werden. Des Weiteren können die aufgezeigten Schülervorstellungen aufgegriffen werden, um sie im Unterricht zu thematisieren und zu verändern (Treagust, 1988). Zur Analyse weiterer Schülervorstellungen kann außerdem eine *Draw-and-Write*-Aufgabenstellung dienen. In dieser Teilarbeit wurde der Einsatz dieser Methode zum Aufzeigen von

Schülervorstellungen demonstriert und bestätigt (Köse, 2008). Um die Messgenauigkeit der *Draw-and-Write*-Methode noch weiter zu prüfen, kann die Fragestellung des Tests durch den parallelen Einsatz von Interviews ergänzt werden. In diesem Fall könnte auch ausgeschlossen werden, dass Schüler, die ihre individuelle Zeichenfähigkeit als schlecht einschätzen, weniger zeichnen als sie eigentlich wissen (James & Gardner, 1995, Rennie & Jarvis, 1995). Dies sollte in künftigen Studien berücksichtigt werden.

Teilarbeit B

Das Selbstkonzept kann den Lernprozess beeinflussen und ist demzufolge schulisch höchst relevant (Guay et al., 2003, Marsh, 1990, Marsh & Craven, 2006). Für das Arbeiten mit eLearning im Schulkontext ist demzufolge das Computerselbstkonzept von Bedeutung (Christoph et al., 2015). Zur Messung des Computerselbstkonzeptes konnte in dieser Teilarbeit eine bestehende Kurzsкала als einfaktorielles Messinstrument mit einer hohen Reliabilität und internen Konsistenz validiert werden. Dies erforderte das Kürzen der Skala von 11 auf 6 Items aufgrund der festgelegten Qualitätskriterien (Cronbach's $\alpha = 0,84$). Die validierte Kurzsкала und die Itemkennwerte für die Gesamtstichprobe 1 sind in Tabelle 4 dargestellt. Die Skalenhomogenität erzielte mit 0,47 einen zufriedenstellenden Wert. Die Faktorstruktur war für alle Stichproben sowie die Geschlechter identisch und erreichte eine gute Reliabilität (Cronbach's $\alpha_{\text{Studenten}} = 0,84$; Cronbach's $\alpha_{\text{Jgst.11}} = 0,84$; Cronbach's $\alpha_{\text{Jgst.8}} = 0,85$; Kline, 1999).

Tabelle 4. Itemkennwerte der validierten Kurzsкала zur Messung des Computerselbstkonzeptes.

Item	Faktorladung	r_{it}	α^*
coepn1	0,664	0,603	0,822
coepn2	0,774	0,704	0,803
coepn3	0,844	0,756	0,790
coepn4	0,760	0,682	0,806
coepn7	0,518	0,476	0,846
coepn8	0,575	0,527	0,836

Anmerkung: Stichprobe 1, $N = 488$, r_{it} = Trennschärfe, α^* = Cronbach's α , wenn Item gelöscht.

Des Weiteren konnte kriteriale Validität durch Abfragen von Außenkriterien bestätigt werden. Demzufolge haben Teilnehmer, die den Computer häufig für verschiedenste Tätigkeiten nutzen und ihre Fähigkeit im Umgang mit Computern als „gut“ einschätzen, ein hohes Computerselbstkonzept.

Die Ergebnisse der Analyse der verschiedenen Stichproben, Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 11 sowie Studenten, zeigte ein leichtes Abfallen des Computerselbstkonzepts mit zunehmendem Alter. Hierbei ist lediglich das mittlere Computerselbstkonzept der Jahrgangsstufe 8 signifikant höher als das der älteren Teilnehmer. Dieser beobachtete Trend folgt der Literatur (Comber, Colley, Hargreaves, & Dorn, 1997). Im Hinblick auf das mittlere Computerselbstkonzept der Geschlechter zeigten sich lediglich Unterschiede bei den Jahrgangsstufen 8 und 11. Über die verschiedenen Altersgruppen hinweg nähern sich die mittleren Computerselbstkonzeptwerte der Geschlechter an. Dies impliziert eine Erhöhung des Selbstkonzepts der weiblichen Teilnehmer und ein Absinken des Selbstkonzeptes der männlichen Teilnehmer. In einer Studie von Sáinz und Eccles (2012) konnte ebenfalls ein Geschlechterunterschied im Computerselbstkonzept nachgewiesen werden. Dennoch zeigen die Ergebnisse ein anderes Bild: Das Computerselbstkonzept der männlichen Teilnehmer stieg mit der Zeit, wohingegen das der weiblichen Teilnehmer weiter sank. In einer Studie zum Computernutzungsverhalten von Imhof, Vollmeyer und Beierlein (2007) zeigten sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede im Studententalter. Begründet in dem Wissen, dass das Computerselbstkonzept mit dem Nutzungsverhalten einhergeht, bestätigt dies die in dieser Teilarbeit erreichten Ergebnisse.

Gerade für Altersgruppen während der Schulzeit zeigte diese Teilarbeit einen Geschlechterunterschied im mittleren Computerselbstkonzept. Da das Selbstkonzept neben kognitivem Lernen auch Interesse und Motivation beeinflussen kann (Christoph et al., 2015; Denissen, Zarrett, & Eccles, 2007), ist es wichtig, interindividuelle Unterschiede in einzelnen Klassen zu kennen und den Unterricht entsprechend anzupassen. Die in dieser Teilarbeit entwickelte valide Skala bietet Lehrern die Chance auf schnellem Weg einen Überblick über den Stand des Computerselbstkonzeptes der Klasse zu erhalten und den Unterricht angepasst an die Schüler zu gestalten, um optimale Lernerfolge zu erzielen.

Teilarbeit C

Das Selbstkonzept beeinflusst schulische Leistungen und kann sich daher in den Noten widerspiegeln (Guay et al., 2003, Marsh, 1990, Marsh et al. 2005). Außerdem konnten für das Computerselbstkonzept auch geschlechtsspezifische Unterschiede nachgewiesen werden (vgl. Teilarbeit B, Sáinz & Eccles, 2012), welche in unterschiedlichen schulischen Leistungen resultieren können, sobald eLearning-gestützter Unterricht verwendet wird. Die Ergebnisse von Teilstudie C konnten diese Ergebnisse nicht bestätigen: Die Evaluation des eLearning-gestützten Unterrichts am außerschulischen Lernort Labor ergab einen kurz- wie auch langfristigen Wissenszuwachs - über die ganze Intervention hinweg sowie der vermittelten Inhalte während der eLearning-Einheit. Letzteres erwies sich als unabhängig vom individuellen Computerselbstkonzept. Das bedeutet, dass Schüler mit hohem wie auch mit niedrigen Computerselbstkonzeptwerten gleichwertig lernen. Die Unterschiede im Wissenszuwachs werden folglich von anderen Variablen ausgelöst. Beispiele hierfür können themenbezogene Einstellungen, die Selbstwirksamkeitserwartung oder, für das Arbeiten mit interaktiven Modellen relevant, das räumliche Vorstellungsvermögen sein (Fremerey & Bogner, 2015; Huk, 2006; Zimmermann, 2000). In der vorliegenden Studie kann der Lehrer als Variable ausgeschlossen werden (siehe Methoden).

Die Erhöhung des Schülerwissens durch Unterricht am außerschulischen Lernort sowie durch Arbeiten mit eLearning kann durch die Literatur bestätigt werden (Höffler & Leutner, 2007; Meissner & Bogner, 2011; Sellmann & Bogner, 2013). Für das gesamte Selbstkonzept konnten bereits Auswirkungen auf das Lernen nachgewiesen werden (Guay et al., 2003). Dennoch blieb der zu erwartende Einfluss des Computerselbstkonzeptes auf den Wissenszuwachs in der Computer-Lerneinheit aus. Das Computerselbstkonzept zeigt also zumindest in der vorliegenden Studie keine Auswirkungen auf den schulischen Lernerfolg. Das Computerselbstkonzept der Schüler könnte daher jedem Schüler ermöglichen mittels eLearning zu Lernen, weil beispielsweise das Arbeiten mit dem Computer allgemein kein Hindernis darstellt (vgl. Außenkriterien).

3.6 Schlussfolgerung und Ausblick

Die gesamte Studie beruhte auf einem schülerzentrierten und eLearning-gestützten Unterrichtsmodul am außerschulischen Lernort Labor. Neben der Annäherung der Schülervorstellungen an fachwissenschaftlich anerkannte Konzepte, konnte ein Wissenszuwachs unabhängig vom Computerselbstkonzept nachgewiesen werden. Die Kopplung von schülerzentrierten und experimentellen Unterrichtseinheiten mit eLearning-Modulen zeigte sich demzufolge als sehr effektiv. Diese Methoden sind keineswegs an den außerschulischen Lernort Labor gebunden und können durchaus an den Klassenunterricht adaptiert werden. Die Verdeutlichung molekularbiologischer Phänomene in dieser Studie ist nur ein Beispiel für den begründeten Einsatz von eLearning. eLearning eignet sich für das Durchführen von Versuchen in virtuellen Laboratorien, die aus Sicherheitsgründen oder aus Mangel an Utensilien nicht in der Schule durchgeführt werden können, für Veranschaulichung via Zeitraffer oder Zeitlupe sowie für das Erlernen und Durchführen wissenschaftlicher Kalkulationen, um einige Beispiele zu nennen. In dieser Studie zeigte sich kein Einfluss des Computerselbstkonzeptes auf den Wissenszuwachs. In Folge dessen sind Unterschiede im Lernerfolg durch andere Faktoren begründet, die in dieser Studie nicht untersucht worden sind. Zudem können keine Aussagen über die durch den experimentellen Unterricht erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten getroffen werden, da diese nicht abgefragt wurden. In weiteren Studien sollten auch diese Bereiche evaluiert werden.

Der stete technische Fortschritt wird sich auch in der Zukunft in der Schule widerspiegeln. Der Biologieunterricht kann durch den Einsatz moderner Technologien, wie Computer, Laptops oder Tablet-PCs, durch zahlreiche Einsatzmöglichkeiten profitieren und den Schülern ein ganzheitliches Lernerlebnis ermöglichen. Durch diese Studie konnte gezeigt werden, dass der zu erwartende Wissenszuwachs unabhängig vom Computerselbstkonzept ist und demzufolge für ein breites Schülerspektrum geeignet ist.

4 LITERATURVERZEICHNIS DER ZUSAMMENFASSUNGEN

- Bahar, M., Johnstone, A. H., & Hansell, M. H. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84-86.
- Barrass, R. (1984). Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology. *Journal of Biological Education*, 18(3), 201-206.
- Barrett, T. J., Stull, A. T., Hsu, T. M., & Hegarty, M. (2015). Constrained interactivity for relating multiple representations in science: when virtual is better than real. *Computers and Education*, 81, 69-81.
- Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (2007). *Lehrplan Gymnasium G8*, Kastner, Wolnzach.
- Bryce, T., & Robertson, I. (1985). What can they do? A review of practical assessment in science. *Studies in Science Education*, 12(1), 1-24.
- Choi, N. (2005). Self-efficacy and self-concept as predictors of college students' academic performance. *Psychology in the Schools*, 42(2), 197-205.
- Christoph, G., Goldhammer, F., Zylka, J., & Hartig, J. (2015). Adolescents' computer performance: The role of self-concept and motivational aspects. *Computers & Education*, 81, 1-12.
- Cinici, A. (2013). From caterpillar to butterfly: A window for looking into students' ideas about life cycle and life forms of insects. *Journal of Biological Education*, 47(2), 84-95.
- Comber, C., Colley, A., Hargreaves, D. J., & Dorn, L. (1997). The effects of age, gender and computer experience upon computer attitudes. *Educational Research*, 39(2), 123-133.
- Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essay*, 5(2), 235-247.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5(1), 61-84.

- Euler, M. (2004). The role of experiments in the teaching and learning of physics. In E. Redish & M. Vicentini (Eds.), *Research on Physics Education* (pp. 175-221). Amsterdam: Ios Press.
- Ferk, V., Vrtacnik, M., Blejec, A., & Gril, A. (2003). Students' understanding of molecular structure representations. *International Journal of Science Education*, 25(10), 1227-1245.
- Ferketich, S. (1991). Focus on Psychometrics. Aspects of Item Analysis. *Research in Nursing & Health*, 14(2), 165-168.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics. And sex and drugs and rock'n'roll* (4th ed.). London: Sage Publications.
- Franke, G., Scharfenberg, F. J., & Bogner, F. X. (2013). Investigation of students' alternative conceptions of terms and processes of gene technology. *ISRN Education*, 2013.
- Fremerey, C., & Bogner, F. X. (2015). Cognitive learning in authentic environments in relation to green attitude preferences. *Studies in Educational Evaluation*, 44, 9-15.
- Fröhlich, G., Goldschmidt, M., & Bogner, F. X. (2013). The effect of age on students' conceptions of agriculture. *Studies in Agricultural Economics*, 115(2), 61-67.
- Gerstner, S., & Bogner, F. X. (2010). Cognitive achievement and motivation in hands-on and teacher-centered science classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimize cognitive learning at work stations? *International Journal of Science Education*, 32(7), 849-870.
- Guay, F., Marsh, H. W., & Boivin, M. (2003). Academic self-concept and academic achievement: developmental perspectives on their causal ordering. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 124-136.
- Held, R., & Hein, A. (1963). Movement-produced stimulation in the development of visually guided behavior. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 56(5), 872-876.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.

- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction, 17*(6), 722-738.
- Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability. *Journal of Computer Assisted Learning, 22*(6), 392-404.
- Imhof, M., Vollmeyer, R., & Beierlein, C. (2007). Computer use and the gender gap: The issue of access, use, motivation, and performance. *Computers in Human Behavior, 23*(6), 2823-2837.
- Initiative D21 (2011). Bildungsstudie: Digitale Medien in der Schule. Eine Sonderstudie im Rahmen des (N)ONLINER Atlas 2011.
- James, W. B., & Gardner, D. L. (1995). Learning styles: Implications for distance learning. *New Directions for Adult and Continuing Education, 1995*(67), 19-31.
- Janneck, M., Vincent-Höper, S., & Ehrhardt, J. (2013). The computer-related self-concept: a gender-sensitive study. *International Journal of Social and Organizational Dynamics in IT, 3*(3), 1-16.
- Karmiloff-Smith, A., & Inhelder, B. (1975). If you want to get ahead, get a theory. *Cognition, 3*(3), 195-212.
- Kline, P. (1999). *The handbook of psychological testing* (2nd ed.). London: Routledge
- KMK - Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der deutschen Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Bildungsabschluss – Beschluss vom 16.12.2004. München: Wolters Kluwer GmbH.
- Köse, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: using drawings as a research method. *World Applied Sciences Journal, 3*(2), 283-293.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 33*, 159-174.
- Levy, D. (2013). How dynamic visualization technology can support molecular reasoning. *Journal of Science Education and Technology, 22*(5), 702-717.

- Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance-do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177-195.
- Liu, X. (2006). Effects of combined hands-on laboratory and computer modeling on student learning of gas laws: A quasi-experimental study. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 89-100.
- Markus, H., & Nurius, P. (1986). Possible selves. *American Psychologist*, 41(9), 954-969.
- Marsh, H. W. (1990). Causal ordering of academic self-concept and academic achievement: A multiwave, longitudinal panel analysis. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 646-656.
- Marsh, H. W., & Craven, R. G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. *Perspectives on Psychological Science*, 1(2), 133-163.
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005). Academic Self-Concept, Interest, Grades, and Standardized Test Scores: Reciprocal Effects Models of Causal Ordering. *Child Development*, 76(2), 397-416.
- Mayring, P. (2004). Qualitative content analysis. In: U. Flick, E. von Kardorff & I. Steinke (Hrsg.), *A companion to qualitative research* (S. 266–269). London: SAGE Publications.
- Meissner, B., & Bogner, F. X. (2011). Enriching students' education using interactive workstations at a salt mine turned science center. *Journal of Chemical Education*, 88(4), 510-515.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric Theory* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Olympiou, G., Zacharias, Z., & deJong, T. (2013). Making the invisible visible: enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation. *Instructional Science*, 41(3), 575-596.
- Randler, C., & Bogner, F. X. (2006). Cognitive achievements in identification skills. *Journal of Biological Education*, 40(4), 161-165.

- Rennie, L. J., & Jarvis, T. (1995). Children's choice of drawings to communicate their ideas about technology. *Research in Science Education*, 25(3), 239-252.
- Ryoo, K., & Linn, M. C. (2012). Can dynamic visualizations improve middle school students' understanding of energy in photosynthesis? *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 218-243.
- Sáinz, M., & Eccles, J. (2012). Self-concept of computer and math ability: Gender implications across time and within ICT studies. *Journal of Vocational Behavior*, 80(2), 486-499.
- Saka, A., Cerrah, L., Akdeniz, A. R., & Ayas, A. (2006). A cross-age study of the understanding of three genetic concepts: how do they image the gene, DNA and chromosome? *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 192-202.
- Scharfenberg, F.-J., & Bogner, F. X. (2011). Teaching gene technology in an outresch Lab: Students' assigned cognitive load clusters and the clusters' relationship to learner characteristics, laboratory variables, and cognitive achievement. *Research in Science Education*, 43(1), 141-161.
- Scharfenberg, F.-J., Bogner, F. X., & Klautke, S. (2007). Learning in a gene technology laboratory with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 35(1), 28-39.
- Scharfenberg, F.-J., Bogner, F. X., & Klautke, S. (2008). A category-based video analysis of students' activities in an out-of-school hands-on gene technology lesson. *International Journal of Science Education*, 30(4), 451-467.
- Schwanzer, A. (2002). *Entwicklung und Validierung eines deutschsprachigen Instruments zur Erfassung des Selbstkonzepts junger Erwachsener*. Max Plank Institute for Human Development: Berlin, Materialien aus der Bildungsforschung 74.
- Sellmann, D., & Bogner, F.X. (2013). Climate change education: quantitatively assessing the impact of a botanical garden as an informal learning environment. *Environmental Education Research*, 19(4), 415-429.

- Shaw, K. R. M., Van Horne, K., Zhang, H., & Boughman, J. (2008). Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics*, *178*(3), 1157-1168.
- Stevens, J. P. (2002). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (4th ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, *10*(2), 159-169.
- Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, *35*(9), 1031-1055.
- Yip, D. Y. (1998). Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. *International Journal of Science Education*, *20*(4), 461-477.
- Zimmermann, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, *25*(1), 82-91.

5 TEILARBEITEN

5.1 Publikationsliste

Die aus der vorliegenden Arbeit hervorgegangenen Publikationsmanuskripte sind im Folgenden aufgeführt:

Teilstudie A

Langheinrich, J. & Bogner, F. X. (2015). Student conceptions about the DNA structure within a hierarchical organizational level: Improvement by experiment- and computer-based outreach learning. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 43(6), 393-402. DOI: 10.1002/bmb.20888

Teilstudie B

Langheinrich, J., Schönfelder, M., & Bogner, F. X. (2015). Measuring the computer-related self-concept. *Journal of Educational Computing Research* (in press). DOI: 10.1177/0735633115621066

Teilstudie C

Langheinrich, J., & Bogner, F. X. (2015). Computer-related self-concept: the impact on cognitive achievement. *Studies in Education Evaluation* (submitted).

Die im Folgenden abgedruckten Artikel entsprechen aus urheberrechtlichen Gründen der ersten eingereichten Version beim jeweiligen Verlag.

5.2 Darstellung des Eigenanteils

Die verwendete Aufgabenstellung zur Analyse der Schülervorstellungen in Teilstudie A wurde der Literatur entnommen und durch mich gemäß der Themenstellung adaptiert. Das zur Auswertung des konzeptuellen Verständnisses benötigte Kategoriensystem wurde ebenfalls der Literatur entnommen und durch mich der Fragestellung angepasst. Das Kategoriensystem zur Evaluation der dargestellten Inhalte wurde induktiv von mir selbst erstellt.

Die in Teilarbeit B verwendete Kurzsкала wurde der Literatur entnommen und adaptiert. Die Außenkriterien wurden in Zusammenarbeit mit meiner Mitautorin M. Schönfelder überarbeitet. Die Datenerhebung erfolgte durch M. Schönfelder und mich. Die Auswertung und Interpretation der Daten erfolgte durch mich.

Der verwendete Fragenkatalog zur Evaluation des Schülerwissens in Teilstudie C wurde von mir selbst angepasst an das Unterrichtsmodul erstellt. Die Analyse des Computerselbstkonzeptes erfolgte durch den in Teilarbeit B von mir validierten Fragebogen.

Teilarbeit A und C basieren auf einer Interventionsstudie im Demonstrationslabor Bio-/Gentechnik der Universität Bayreuth, welche ich selbst entworfen habe. Alle in der Studie verwendeten Arbeitsmaterialien wurden von mir selbst erstellt. Alle empirischen Daten wurden von mir selbst erhoben, statistisch ausgewertet und interpretiert.

Alle Teilarbeiten sind von mir als Erstautor verfasst und sind in Zusammenarbeit mit den Mitautoren überarbeitet worden.

5.3 Teilarbeit A

Langheinrich, J. & Bogner, F. X. (2015)

Student conceptions about the DNA structure within a hierarchical organizational level: Improvement by experiment- and computer-based outreach learning.

Biochemistry and Molecular Biology Education

Status: published

Student conceptions about the DNA structure within a hierarchical organizational level: Improvement by experiment- and computer-based outreach learning.

Jessica Langheinrich & Franz X. Bogner

Z-MNU (Centre of Mathematics & Science Education), Department of Biology
Education, University of Bayreuth, Germany

Abstract

As non-scientific conceptions interfere with learning processes, teachers need both, to know about them and to address them in their classrooms. For our study, based on 182 eleventh graders, we analyzed the level of conceptual understanding by implementing the ‘draw and write’ technique during a computer-supported gene technology module. To give participants the hierarchical organizational level which they have to draw, was a specific feature of our study. We introduced two objective category systems for analyzing drawings and inscriptions. Our results indicated a long-term as well as a short-term increase in the level of conceptual understanding and in the number of drawn elements and their grades concerning the DNA structure. Consequently, we regard the ‘draw and write’ technique as a tool for a teacher to get to know students’ alternative conceptions. Furthermore, our study points to the modification potential of hands-on and computer-supported learning modules.

Keywords: Laboratory Exercises, Computers in Research and Teaching, Molecular Biology, Outreach, Using Multimedia in the Classroom

Introduction

Student conceptions influence learning, including the way students observe a scientific phenomenon, explain their observations and integrate their discoveries into existing knowledge [1]. Besides scientifically correct conceptions, alternative conceptions with no scientific basis, often based on everyday knowledge, exist and may severely influence learning situations [2]. Alternative conceptions are defined as individual conceptions in science education which may not follow scientific reasoning (e.g., [1]; [3]; [4]). They are often described as very robust and difficult to modify even when spiral curricula repeatedly are intervening [5]. Alternative conceptions can be created by teachers or textbooks because of using inaccurate terms or statements being open to a wide variety of interpretations ([6], [7]). Another source of alternative conceptions is that the students often have to manage several definitions for the same scientific phenomenon across different school subjects [8]. Additionally, the difficulty in modifying daily life experiences into scientifically correct explanations [9] and confusion about every day words and their scientific meaning (e.g., [6], [8], [10]) can lead to alternative conceptions of students. Especially the subject of genetics requires a complex and large vocabulary [11]. In general, it is hard for students to gain a comprehensive understanding of genetics ([11], [12]). This is rooted in a lack of basic knowledge [13] and a deficiency in understanding the three genetic concepts: DNA, gene and chromosome ([13], [14], [10]). This implies that the organizational level remains unclear. Often teachers do not succeed in supporting and facilitating a connection of all three concepts [12] because of conceptual difficulties in explaining these phenomena [5].

A particular problem occurs with passing the alternative conceptions and inadequate knowledge of teachers to the students ([7], [10], [14]). By literature research of typical alternative conceptions, and by gathering information about how to analyze them, teachers can improve their own conceptions and their teaching [7]. Alternative conceptions can be analyzed, for example, by drawings in combination with written responses, interviews, word associations, concept maps, and open as well as closed questionnaires ([2], [3], [4], [5], [15], [16], [17], [18], [19]). The 'draw and write' technique may help to visualize biochemical phenomena [20] and thus may provide an especially suitable tool for research on the molecular level of genetics.

The 'draw and write' technique is an established method within the context of health education ([21], [22]). The advantage of this technique is representing a familiar

classroom task with a high level of acceptability [23], it is seen as an enjoyable and participatory activity and at least it assists the communication between student and teacher by overcoming conceptual and linguistic difficulties [21]. The ‘draw and write’ technique allows successful data collection [23] by yielding information that is relatively easy to code [24]. Furthermore, Köse [25] showed that the ‘draw and write’ technique enables the detection of previously unknown alternative conceptions. Alternative conceptions are measurable by the ‘draw and write’ technique and can be reduced by interventions or programs [20]. Schaal et al. [19], for example, stated that a computer-based learning unit raises the complexity of knowledge and the number of scientifically correct conceptions. Many other studies come to similar conclusions (e.g., [26], [27], [28]). Additionally, Cinici [29] suggests involving students in a variety of hands-on activities to promote their conceptual understanding.

In our current study, we combined both approaches and designed a teaching-unit consisting of hands-on as well as computer-based learning. Due to the ambiguity of the genetic concepts, we focused under specification of the hierarchical organizational level on the tendency to maintain alternative conceptions. Our main objectives were (i) to develop a questionnaire using the ‘draw and write’ technique to measure students’ conceptions of the DNA structure within a given hierarchical organizational level, (ii) to design a computer-based learning unit in combination with hands-on activities in an outreach laboratory on the topic of DNA which concentrates on the organizational levels to improve conceptions, and (iii) to create and implement a category system for evaluating the results.

Methods

The participants

Altogether, 182 11th graders ($N = 182$, 91 girls, 90 boys, one participant without reporting gender, age $M = 16.9$, $SD = .86$) at the highest stratification secondary school level (“Gymnasium”) in Bavaria, Germany, participated in our study. Before participating in our gene technology teaching-unit, a pre-test was completed (T0, on average, 1 week before the teaching unit), a post-test (T1, directly after the teaching unit) as well as a retention test (T2, 9 weeks after the teaching unit) portraying student conceptions of the DNA structure. The control group ($N = 41$, age $M = 16.0$, $SD = 1.2$), consisting of 23 girls

and 18 boys, completed the questionnaire twice over an interval of 5 weeks, without participating in the gene technology module.

The teaching-unit

The learning content followed the Bavarian syllabus [30]. The teaching-unit is designed to improve the link between the different genetic hierarchical organizational levels. Our gene technology module consisted of four subunits: one pre-lab unit, two experimental units and one eLearning unit.

To prevent learning difficulties just because of lacking basic experimental skills [31], our students were instructed within a pre-lab phase to handle relevant equipment of a typical genetic laboratory (pipetting, decantation and centrifugation). After that, our students completed two experiments: They first isolated genomic DNA from the mucous membrane of the mouth and then they made the isolated DNA visible by agarose gel electrophoresis. The eLearning unit provided the link between the two experimental sessions. While working with an interactive DNA-model, the students received essential knowledge about the structure of the DNA. The new findings enabled the students to interpret the results of the agarose gel electrophoresis.

Questionnaire and Categorization

Student conceptions concerning the DNA structure were collected by using the ‘draw and write’ technique. By applying a categorization framework, students learned about the correct hierarchical organizational level with the help of a concrete task and a series of pictures within the questionnaire (Appendix A).

The resulting drawings and inscriptions were analyzed regarding conceptual understanding, the concrete representations and considered structural characteristics as well. Subsequently, we generated two category systems. Taking into account the conceptual understanding, we adapted the existing five-point scheme (e.g. [5], [25], [29]) to the issue of DNA structure. The five levels of understanding were defined as follows (representative examples for every level are presented in figure 1):

Level 1: No conception or refused participation: no drawing, no task-related inscriptions, remarks like “I don’t know”, “no idea”.

Level 2: Non-representational drawings and inscriptions: drawings and inscriptions with no identifiable elements and/or structures, no drawings of essential DNA components (for

example: drawing of twisted strands without linkage) or painted objects within the wrong organizational level, drawings that did not represent the DNA structure (for example: diagrammatic codon wheels, base sequences, etc.).

Level 3: Incomplete drawings and inscriptions or responses with alternative conceptions: drawings and inscriptions including only a few characteristics of the DNA structure, that reflect some understanding of the concept or contain alternative conceptions (for example: false linkage of bases, phosphate and desoxyribose).

Level 4: Partly correct drawings and inscriptions of the DNA structure: drawings and inscriptions represent a high level of comprehension, drawings and inscriptions of essential components of the DNA, the DNA components are clearly identifiable and the linkage between them is understandable.

Level 5: Mostly correct drawings and inscriptions of the DNA structure: drawings and inscriptions represent a wide comprehension of the scientifically accepted concept and the interrelation between structure and functions (for example: base pairing for coding, antiparallel single-strands, secondary alpha double helix).

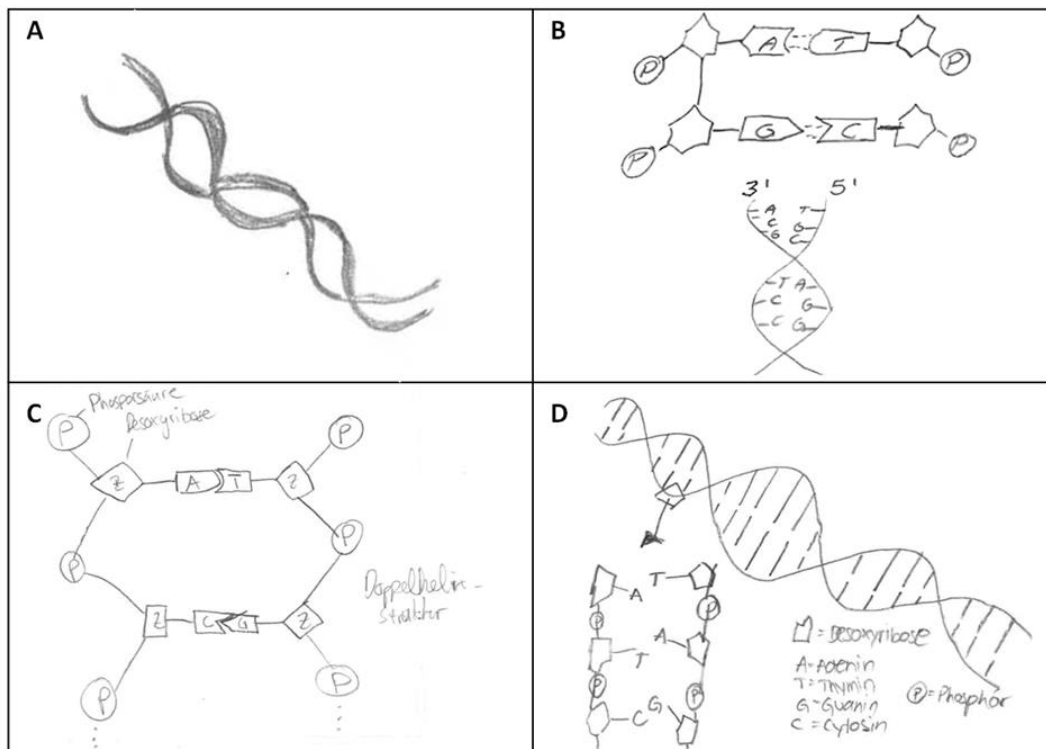


Figure 1. Key examples for every level of conceptual understanding. A = Level 2, B = Level 3, C = Level 4, D = Level 5.

A second category system was established for quantifying drawn elements (e.g. base pairs) and, at the same time, for analyzing in which grade it was drawn (e.g. single base pairs or base pairs that are inscribed and linked via intramolecular hydrogen bonds). We iteratively categorized the students' drawings and inscriptions by following the method of inductive category development [32]. We obtained 6 main categories with a total of 9 sub categories (Table 1). Each sub category can reveal a different level of representation. In order to enable an objective analysis, we created additional guidelines for a clear classification (Appendix B).

Table 1. The category system for analyzing drawn elements and their grades.

<i>Analysis sector</i>		<i>Level</i>	<i>Description</i>
Bases	BA1	0	No bases symbolized
		1	Bases symbolized
		2	Bases symbolized and qualified
		3	Base pairs symbolized
		4	Base pairs symbolized and qualified
	BA2	0	Hydrogen bonds not symbolized
		1	Hydrogen bonds symbolized
	BA3	0	Bases are not linked with the backbone
		1	Bases are linked with the backbone
2		Bases are correctly linked with the backbone	
Desoxyribose	DE	0	Desoxyribose not symbolized
		1	Desoxyribose symbolized
		2	Desoxyribose symbolized as a pentagon
Phosphate	PH	0	Phosphate not symbolized
		1	Phosphate symbolized
Primary structure	PR1	0	No primary structure is drawn
		1	Single strand identifiable
		2	Double strand composed of two single strands identifiable
		3	Antiparallel double strand composed of two single strands
	PR2	0	No linkage between desoxyribose and phosphate
		1	Linkage between desoxyribose and phosphate
		2	Desoxyribose and phosphate symbolized alternating as a polymer
Secondary structure	SE	0	No secondary structure identifiable
		1	False secondary structure identifiable
		2	Alpha double helix identifiable
Organizational level	OR	0	Organizational level not correctly understood
		1	Organizational level correctly understood

Statistical Analysis

For statistical analyses, SPSS (Version 22.0) was used.

To guarantee objectivity of the category systems, we assessed the intra- and inter-rater reliabilities of 10% of the categorized questionnaires with Cohen's coefficient Kappa [33].

For analyzing the development of student conceptions during the three measurement times, we employed Friedman's ANOVA [34]. For comparisons between each measurement time, we used Wilcoxon's rank-sum test [35]. For interpreting the category system for analyzing drawn elements and their grades, we additionally calculated the differences of mean values of T0 and T1 as well as of T0 and T2.

Although our calculation requires box plots, we decided to use bar diagrams for better illustration.

Results

Both established category systems yield a high degree of objectivity. This can be justified because all intra- as well as inter-rater reliabilities are substantial or almost perfect [36] (Table 2).

Table 2. Intra- and inter-rater agreement of the five-point rubric and for every sub-category of the category system for analyzing drawn elements and their grades.

	Intra-rater agreement	Inter-rater agreement
Level	.742	.672
BA1	.909	.710
BA2	.915	.798
BA3	.842	.706
DE	.834	.811
PH	.938	.821
PR1	.643	.758
PR2	.839	.783
SE	.812	.903
OR	.884	.678

Note. BA/Bases, DE/Desoxyribose, PH/Phosphate, PR/Primary structure, SE/Secondary structure, OR/Organizational level.

Our drawings and inscriptions showed a significant increase in the level of understanding over the three measurement times, $\chi^2(2) = 51.51$, $p < .001$ (Figure 2). Wilcoxon's rank sum test indicates significant differences between T0 and T1, $z = 6.46$, $p = .000$, $r = .31$, T0 and T2, $z = 3.09$, $p = .002$, $r = .16$, as well as T1 and T2, $z = 4.42$, $p < .001$, $r = .23$, whereas the control group yielded a decrease in the level of understanding, $z = 3.23$, $p = .001$, $r = .36$. However, the increase in the level of understanding of the treatment group is caused by the intervention because no increase can be proven for the control group without intervention.

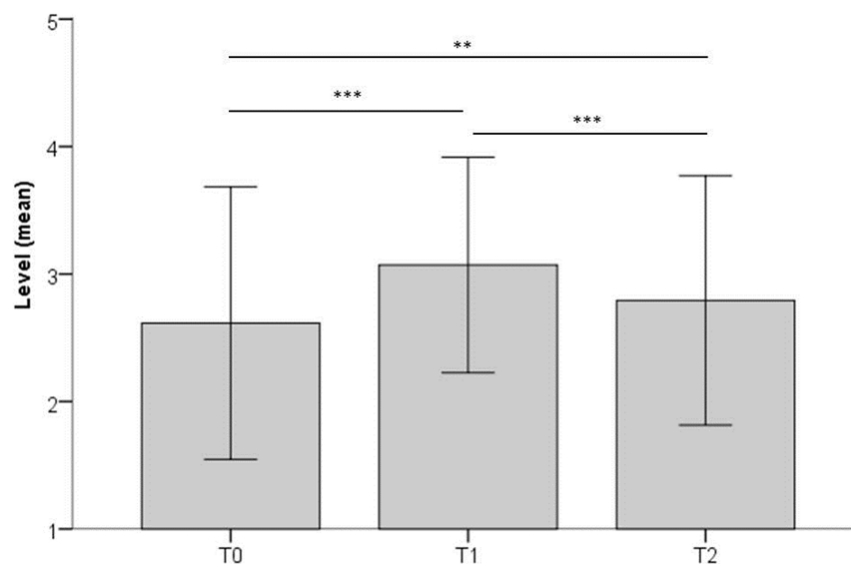


Figure 2. Comparison of the level of conceptual understanding of the treatment group by test time. *Note.* Error bars represent standard deviations, ***/**/* indicates $p \leq .001/p \leq .01/p \leq .05$.

Finally, we analyzed concrete representations and considered structural characteristics of the drawings and inscriptions. Although there was a significant short-term increase in 7 of the 9 sub-categories from T0 to T1, only 6 of them retained a long-term increase from T0 to T2 (Table 3).

Table 3. Changes in mean scores ($\pm SD$) of the category system for analyzing drawn elements and their grades (T0, T1, T2).

Analysis sector	Possible grading	Grading T0	Change in mean T0/T1			Change in mean T0/T2		
BA1	0-4	2.13 \pm 1.61	.588	\pm 1.58	***	.148	\pm 1.40	
BA2	0-1	.148 \pm .356	.039	\pm .398		-.011	\pm .420	
BA3	0-2	.890 \pm .814	.456	\pm .798	***	.126	\pm .713	*
DE	0-2	.599 \pm .750	.423	\pm .722	***	.170	\pm .712	**
PH	0-1	.412 \pm .494	.308	\pm .475	***	.110	\pm .419	***
PR1	0-3	1.38 \pm 1.03	.445	\pm .960	***	.264	\pm .932	***
PR2	0-2	.698 \pm .893	.544	\pm .818	***	.203	\pm .812	**
SE	0-2	.516 \pm .826	.143	\pm .981		-.022	\pm .952	
OR	0-1	.676 \pm .469	.198	\pm .463	***	.099	\pm .447	**

Note. ***/**/* indicates $p \leq .001/p \leq .01/p \leq .05$.

Discussion

Two objective category systems were implemented to evaluate the modification of genetic concepts of the DNA structure. Results indicated that a computer supported gene technology module in an outreach laboratory can improve students' conceptions over a longer term. Analyzing the outcomes of the category system for drawn elements and their grades showed a long term increase of 6 sub-categories implying that all others require focusing them still more to be improved. We conclude that only certain sub-categories are responsible for the observed shift of conceptual understanding. Additionally, only two thirds of the students illustrated their answers on the right hierarchical organizational level although the level was given. During our intervention we achieved an improvement of this conceptual understanding.

In agreement with many other studies (e.g., [10, [13], [14]), our results confirm that students have difficulties in understanding the three genetic concepts, because although we have provided the hierarchical organizational level, only two thirds of the students were able to draw the required DNA structure at T0. By following Fröhlich et al. [4], our intervention was designed to reduce the number of alternative conceptions and confusion about the three genetic concepts. We agree with Liu [37] that a computer supported hands-on laboratory is very effective in enhancing students' conceptual understanding. Our data support this view by both, short-term and long-term increases in the level of conceptual understanding and the number of drawn elements. In contrast to Freidenreich,

Duncan and Shea [38] who reported a long-term understanding of all three genetic concepts as not very robust, our increase in conceptual understanding of the hierarchical organizational level is stable.

The ‘draw and write’ technique was successfully implemented to evaluate interventions [23]. The writing component allows interpreting abstract ideas which were not clear from the drawing alone ([24], [39]). Although Reiss et al. [40] stated that drawings are difficult to analyze, we succeeded in establishing two objective category systems based on five levels of conceptual understanding (e.g. [5], [25], [29]) which enables effective analyses of classroom data. Potential disadvantages of our ‘draw and write’ technique are limited to restricted space for drawings and to qualities of answers depending on a student’s learning style because some students may be confused by the methodology and maybe express less expertise than they really know [41]. For future studies we recommend combining the ‘draw and write’ technique with interviews or written responses to ensure that students may feel comfortable with their answers though they feel they have poor drawing skills [24].

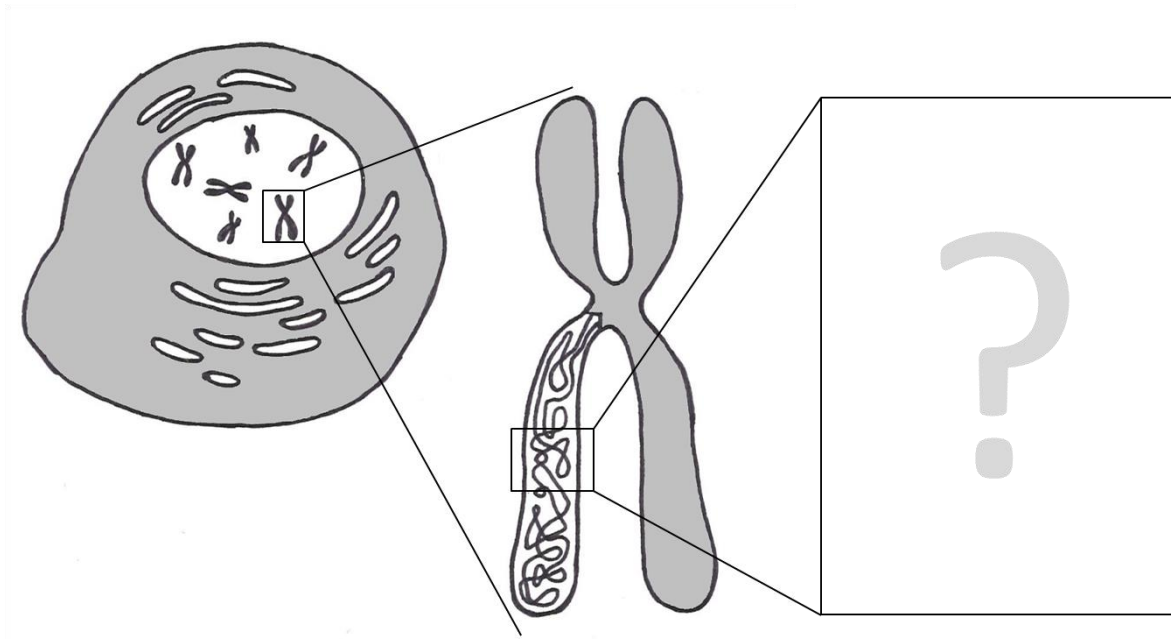
Alternative conceptions turned out to be very robust across student generations although there has been a rapid progress in genetics technology and knowledge during that period [10]. A limited understanding and an unclear usage of terms is still remaining [42]. One goal of teaching in school as well as in scientific out-of-school classrooms therefore is to evolve scientifically correct conceptions by considering students’ alternative conceptions [19] for example by integrating students’ drawings anonymously in classroom settings [39]. In this way, not only cognitive achievement can be increased [43] but also reaching positive effects on interest and well-being are possible [44]. Especially because students are not very interested in the microscopic nature of genes [12], this fact may be important to raise learning success. For that reason, teachers should integrate diagnostic tests on students’ alternative conceptions in their daily teaching practice ([8], [45]). By applying this kind of research, a teacher may be able to develop teaching approaches specifically probing students’ conceptions [45]. Additionally, alternative conceptions should be taken into account in science curriculum development regarding the interrelatedness of concepts as a fundamental characteristic of knowledge ([9], [13],[14]). Since teachers own similar alternative conceptions as students, conceptions should be included at all levels of education to break out of this vicious circle ([9], [14]).

Acknowledgements

This study was supported by the Inspiring Science Education (ISE) project funded by the European Union's ICT Policy Support Programme as part of the Competitiveness and Innovation Framework Programme. This publication reflects only the author's views and the European Union is not liable for any use that might be made of information contained herein. Special thanks go to teachers and students involved in this study for their cooperation.

Appendix A**The questionnaire**

Genetic information is located in the nucleus and there in the chromosomes. Draw and label a section of the DNA structure! Please don't use colors!



Note. The task and the image were printed in DinA4 format for the students.

Appendix B

Additional guidelines for analyzing the category system for drawn elements and their grades.

- General: The backbone has to be drawn clearly identifiable. It has not to be labeled.
- General: Being clearly identifiable by a scientific expert, either the symbolization or the inscription of the components is acceptable.
- General: Misspellings are not taken into account because students' skills and abilities (compare also students' drawing ability) are beyond the subject of investigation. This applies as long as the meaning of the term is identifiable.
- General: Wrong inscriptions, like phosphorous instead of phosphate, are accepted as long as they are negligible for the comprehensibility of the concept from the scientific experts' point of view.
- BA1-Level 3: Straight, unmarked lines as link between the single strands do not suffice to be recognized as a base pair.
- BA1-Level 2 and 4: Labeling only with the initial letters of the bases is insufficient. The terms have to be completely written out.
- PR1-Level 3: The antiparallel strands can be labeled as such or the information can be taken from the drawing itself.
- PR2-Level 1: The crucial point is, that a linkage between desoxyribose and phosphate is drawn. How they are linked is does not matter.
- PR2-Level 3: If there is drawn or (only) inscribed that desoxyribose and phosphate are alternating located in the backbone, this is approved.
- SE-Level 1: Is the linkage between the two single strands missing, the drawing is labeled as level 1 in this section.
- SE-Level 2: The description "double helix" is sufficient to reach this level. Is the secondary structure drawn additionally but wrong, the drawing is counted as level 1.

References

- [1] R. Driver, J. Easley (1978) Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students, *Stud. Sci. Educ.* **5**, 61-84.
- [2] C. Fremerey, A. K. Liefländer, F. X. Bogner (2014) Conceptions about Drinking Water of 10th Graders and Undergraduates, *J. Water Resource Prot.* **6**, 1112-1123.
- [3] G. Franke, F. J. Scharfenberg, F. X. Bogner (2013) Investigation of students' alternative conceptions of terms and processes of gene technology, *ISRN Educ.*, 2013.
- [4] G. Fröhlich, M. Goldschmidt, F. X. Bogner (2013) The effect of age on students' conceptions of agriculture, *Studies in Agricultural Economics* **115**, 61-67.
- [5] D. Musa (2010) Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis, *Sci. Res. Essays* **5**, 235-247.
- [6] R. Barrass (1984) Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology, *J. Biol. Educ.*, **18**, 201-206.
- [7] D. Y. Yip (1998) Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning, *Int. J. Sci. Educ.* **20**, 461-477.
- [8] M. B. Nakhleh (1992) Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions, *J. Chem. Educ.* **69**, 191-196.
- [9] M. Calik, A. Ayas, A. (2005) A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts, *J. Res. Sci. Teach.* **42**, 638-667.
- [10] K. R. M. Shaw, K. Van Horne, H. Zhang, J. Boughman (2008) Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content, *Genetics* **178**, 1157-1168.
- [11] M. Bahar, A. H. Johnstone, M. H. Hansell (1999) Revisiting learning difficulties in biology, *J. Biol. Educ.* **33**, 84-86.
- [12] G. J. Venville, D. F. Treagust (1998) Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework, *J. Res. Sci. Teach.* **35**, 1031-1055.
- [13] J. Lewis, C. Wood-Robinson (2000) Genes, chromosomes, cell division and inheritance-do students see any relationship?, *Int. J. Sci. Educ.* **22**, 177-195.
- [14] A. Saka, L. Cerrah, A. R. Akdeniz, A. Ayas (2006) A cross-age study of understanding the three genetic concepts: how do they image the gene, DNA and chromosome?, *J. Sci. Educ. Tech.* **15**, 192-202.

- [15] S. Gerstner, F. X. Bogner (2009) Concept map structure, gender and teaching methods: an investigation of students' science learning, *Educ. Res.* **51**, 425-438.
- [16] H. Kurt, G. Ekici (2013) Determining cognitive structures and alternative conceptions on the concept of reproduction (The case of pre-service biology teachers), *Creative Education* **4**, 572-587.
- [17] J. C. Libarkin, S. W. Anderson, J. Dahl, M. Beilfuss, W. Boone, J. P. Kurdziel (2005) Qualitative analysis of college students' ideas about the Earth: interviews and open-ended questionnaires, *J. Geo. Educ.* **53**, 17-26.
- [18] S. Schaal, F. X. Bogner, R. Girwidz (2010) Concept mapping assessment of media assisted learning in interdisciplinary science education, *Res. Sci. Ed.* **40**, 339-352.
- [19] D. Sellmann, F. X. Bogner, in W. Leal Filho (2012) *Climate Change and the Sustainable Use of Water Resources*, Springer, Berlin Heidelberg, 779-786.
- [20] K. J. Schönborn, T. R. Anderson (2006) The importance of visual literacy in the education of biochemists, *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **34**, 94-102.
- [21] K. Backett-Milburn, L. McKie (1999) A critical appraisal of the draw and write technique, *Health Educ. Res.* **14**, 387-398.
- [22] A. S. MacGregor, C. E. Currie, N. Wetton (1998) Eliciting the views of children about health in schools through the use of the draw and write technique, *Health Promot. Int.* **13**, 307-318.
- [23] S. N. Gabhainn, C. Kelleher (2002) The sensitivity of the draw and write technique, *Health Education* **102**, 68-75.
- [24] L. J. Rennie, T. Jarvis (1995) Children's choice of drawings to communicate their ideas about technology, *Res. Sci. Ed.* **25**, 239-252.
- [25] S. Köse (2008) Diagnosing student misconceptions: Using drawings as a research method, *World App. Sci. J.* **3**, 283-293.
- [26] C. Conradty, F. X. Bogner (2011) Computer-Aided Learning: Unguided versus Guided Instruction, *Adv. Sci. Lett.* **4**, 3310-3316.
- [27] Y. Rotbain, G. Marbach-Ad, R. Stavy (2008) Using a computer animation to teach high school molecular biology, *J. Sci. Educ. Tech.* **17**, 49-58.
- [28] N. Valanides, C. Angeli (2008) Distributed cognition in a sixth-grade classroom: An attempt to overcome alternative conceptions about light and color, *Journal of Research on Technology in Education* **40**, 309-336.
- [29] A. Cinici (2013) From caterpillar to butterfly: a window for looking into students' ideas about life cycle and life forms of insects, *J. Biol. Educ.* **47**, 84-95.

- [30] Bavarian Ministry of Education (2007), *Syllabus Gymnasium G8*, Kastner, Wolnzach, Germany.
- [31] T. G. K. Bryce, I. J. Robertson (1985) What can they do? A review of practical assessment in Science, *Stud. Sci. Educ.* **12**, 1-24.
- [32] P. Mayring, in U. Flick, E. von Kardoff, I. Steinke (2004) *A companion to qualitative research*, Sage Publications, pp. 266-269.
- [33] J. Cohen (1968) Weighted Kappa: Nominal scale agreement with provision for scaled disagreement or partial credit, *Psychol. Bull.* **70**, 213-20.
- [34] M. Friedman (1937) The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance, *J. Am. Stat. Assoc.* **32**, 675-701.
- [35] F. Wilcoxon (1945) Individual comparisons by ranking methods, *Biometrics* **1**, 80-83.
- [36] J. R. Landis, G. G. Koch (1977) The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data, *Biometrics* **33**, 159-174.
- [37] X. Liu (2006) Effects of combined hands-on laboratory and computer modeling on student learning of gas laws: A quasi-experimental study, *J. Sci. Educ. Tech.* **15**, 89-100.
- [38] H. B. Freidenreich, R. G. Duncan, N. Shea (2011) Exploring middle school students' understanding of three conceptual models in genetics, *Int. J. Sci. Educ.* **33**, 2323-2349.
- [39] I. A. Pion, A. W. Kopf, B. R. Hughes, N. M. Wetton, M. Collins, J. A. Newton Bishop (1997) Teaching Children About Skin Cancer: The Draw-and-Write Technique as an Evaluation Tool, *Pediatr. Dermatol.* **14**, 6-12.
- [40] M. J. Reiss, S. D. Tunnicliffe, A. M. Andersen, A. Bartoszeck, G. S. Carvalho, S. Y. Chen, R. Jarman, S. Jónsson, V. Manokore, N. Marchenko, J. Mulemwa, T. Novikova, J. Otuka, S. Teppa, W. Van Rooy (2002) An international study of young peoples' drawings of what is inside themselves, *J. Biol. Educ.* **36**, 58-64.
- [41] W. B. James, D. L. Gardner (1995) Learning Styles: Implications for Distance Learning, *New Dir. Adult Contin. Educ.* **67**, 19-32.
- [42] A. D. Lanie, T. E. Jayaratne, J. P. Sheldon, S. L. Kardia, E. S. Anderson, M. Feldbaum, E. M. Petty (2004) Exploring the public understanding of basic genetic concepts, *J. Genet. Couns.* **13**, 305-320.
- [43] G. Franke, F. X. Bogner (2011) Cognitive influences of students' alternative conceptions within a hands-on gene technology module, *J. Educ. Res.* **104**, 158-170.

- [44] G. Franke, F. X. Bogner (2013) How does integrating alternative conceptions into lessons influence pupils' situational emotions and learning achievement?, *J. Biol. Educ.* **47**, 1-11.
- [45] D. F. Treagust (1988) Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science, *Int. J. Sci. Educ.* **10**, 159-169.

5.4 Teilarbeit B

Langheinrich, J., Schönfelder, M., & Bogner, F. X. (2015)

Measuring the computer-related self-concept.

Journal of Educational Computing Research

Status: in press

Measuring the computer-related self-concept

Jessica Langheinrich, Mona Schönfelder & Franz X. Bogner

Z-MNU (Centre of Mathematics & Science Education), Department of Biology
Education, University of Bayreuth, Germany

Abstract

A positive self-concept supposedly affects a student's well-being as well as his/her perception of individual competence at school. As multimedia-aided learning is becoming increasingly important in school, a positive computer-related self-concept (CSC) might help to enhance cognitive achievement. Consequently, we focused on establishing a short, valid, and reliable instrument to measure the CSC by administering to German subsamples ($N_{\text{total}} = 488$) of three different age-groups: 8th ($N = 159$), 11th graders ($N = 214$) and university freshmen ($N = 115$). We succeeded in developing a one-factor-instrument with good overall reliability ($\alpha_{\text{total}} = .84$) and adequate criterion validity. The scale implementation revealed a high self-concept among younger respondents. Furthermore, we observed a stereotypical difference between the CSC scores for 8th and 11th graders. Finally, we discuss pedagogical and educational considerations of the scale's implementation in school.

Keywords: Computer-related self-concept, Media, Learning, Evaluation, Secondary Education, Gender Studies

Introduction

Using computers is common practice in school. Multimedia nowadays offers the integration of media usage into learning processes. It includes transmission, display, micro-processor, and storage technology like computers (Issing & Klimsa, 1997). Besides the integration of pictures, graphics, videos, pixel images and sounds, any implementation is characterized by individuality, interactivity, asynchrony as well as multi-functionality (Issing & Klimsa, 1997). Many studies have demonstrated that multimedia-aided learning with computers in school can cause an improvement in cognitive achievement (e.g., Conradt & Bogner, 2011; Pöhl & Bogner, 2012; Girwidz, Bogner, Rubitzko, & Schaal, 2006; Girwidz, Rubitzko, Schaal, & Bogner, 2006; Kiboss, Ndirangu, & Wekesa, 2004). However, multimedia-aided learning can offer more than just transporting information presented by a computer (Mayer & Chandler, 2001). Enhancing learners' understanding of complex topics (Azevedo & Cromley, 2004; Stern, Barnea, & Shauli, 2008), improving interest in the subject matter (Conradt & Bogner, 2011), and improving learners' attitudes toward the subject (Kiboss et al., 2004) are only a few examples. However, in spite of the many advantages, learning outcomes due to computer-based teaching can vary between students. This may originate, for example, from differences in a learners' pre-existing domain-specific knowledge or from different general scientific expertise (Girwidz et al., 2006a). Additionally, the self-concept repeatedly has been shown to affect cognitive achievement (Choi, 2005; Guay, Marsh & Boivin, 2003; Marsh & Craven, 2006). Therefore, a positive self-concept in handling computers, the CSC, may support a qualified and competent feeling in school (as well as in future workplaces).

In general, the self-concept is the "perception of ourselves" (Byrne, 1984, p. 429). To be more precise, it is a complex and dynamic phenomenon, a significant regulator of individuals' behavior (Markus & Nurius, 1986) and a predictor of grades (Choi, 2005). The self-concept is a hierarchical construct with the general self-concept at the top followed by the academic self-concept and the non-academic self-concept on a second level. The non-academic self-concept includes the social, the emotional and the physical self-concept. In contrast, the academic self-concept "refers to individuals' knowledge and perception about themselves in achievement situations" (Bong & Skaalvik, 2003, p. 6). Besides English, Maths, History, and Science self-concepts, which are regarded as essential elements of the academic self-concept (originally defined by Shavelson et al.,

1976), we included the CSC according to the definition of Bong and Skaalvik (2003) to this section.

The 'Shavelson Model' (Shavelson, Hubner, & Stanton, 1976) describes and characterizes the self-concept in detail; the self-concept reflects an individual's perception of him/herself. The way a person acts is influenced by the self-concept which by itself is influenced by feedback from others in specific situations. It is organized, multifaceted, developmental, descriptive and evaluative and differentiable from other constructs. Often the conceptual difference between self-concept, self-efficacy and attitudes is controversial. Self-efficacy is regarded as a "context-specific assessment of competence to perform a specific task [and] a judgement of one's capabilities to execute specific behaviors in specific situations" (Pajares & Miller, 1994, p. 194), whereas the self-concept is more all-embracing and related to an individual's perceived competence especially in comparison with others (Bong & Clark, 1999; Choi, 2005; Pajares & Miller, 1994). In consequence, these constructs differ in the type of self-appraisal: The self-concept represents a norm-referenced evaluation and self-efficacy a criterion-referenced evaluation. In addition to that, the self-concept is a multidimensional construct integrating cognitive and affective components quite contrary to the unidimensional and mainly cognitive self-efficacy (Bong & Clark, 1999). Of course, this implies self-efficacy being a part of self-concept but self-efficacy and self-concept represent different constructs and should not be mistaken for each other (Bandura, 1986). Attitudes toward an object are formed informational by evaluating the various collected attributes linked to the object (Fishbein & Ajzen, 1975). This information process is independent from social interaction and makes the difference between attitudes and self-concept. Otherwise, attitudes can be seen as a part of self-concept, as attitudes and self-concept have in common to affect beliefs (Pancer, George, & Gebotys, 1992). Self-concept is a composition of an individual's self-referred attitudes (Janneck, Vincent-Höper, & Ehrhardt, 2013). As can be seen, the self-concept represents a holistic construct including several facets of a person due to its hierarchical structure.

For both genders, the self-concept is regarded as a hierarchical and multidimensional structure with the general self-concept at the top (Byrne & Shavelson, 1986). The self-concept subscales differ stereotypically: for females, for instance, the academic self-concept is more strongly related to the English self-concept than with Maths self-concept, whereas for the boys the reverse is true. In consequence, the overall academic ability of girls derives by their performance in English and the one of boys by their performance in

Maths (e.g., Byrne & Shavelson, 1986; Marsh, Parker, & Barnes, 1985). Sáinz and Eccles (2012) confirmed this stereotypical difference by showing a higher self-concept of computer ability for boys than for girls. This can be a result of the gender differences in positions toward new communication technology, regularity of computer use, and self-perceived computer experience (Broos, 2005). In the case of Maths, it has also been shown that parents still accept typical stereotypes, and they ascribe daughters' mathematical success to effort, and sons' to talent (Räty, Vänskä, Kasanen, & Kärkkäinen, 2002; Yee & Eccles, 1988), a fact that can possibly influence a child's CSC. In addition to the differing self-concept scores between genders, there are also differences between age groups (Marsh et al., 1985), which is an indication of the developmental character of the self-concept (Shavelson et al., 1976). This can be confirmed also for CSC (Sáinz & Eccles, 2012).

To sum up, in respect to the literature research, we define the CSC as a dynamic phenomenon, that is part of academic self-concept and which affects a person's computer-related performance and itself is affected by a person's actions as well as experiences with computers and a person's individual environment. Additionally, it includes "self-referred evaluations concerning computer-related skills, interests, experiences, attitudes, and beliefs" (Janneck et al., 2013, p. 2).

All in all, studies evaluating the total self-concept and focusing on gender and age are very common, while research on CSC is rare. Especially in multimedia-supported everyday classes, the analysis of the CSC gets relevant to evaluate a student's prerequisites and potential capabilities to guarantee appropriate cognitive achievement because self-concept affects a variety of academic outcomes (Marsh, Trautwein, Lüdke, Köller, & Baumert, 2005). Additionally, Christoph, Goldhammer, Zylka and Hartig (2015), for example, argue that specifically the CSC is playing a significant role regarding inter-individual differences in the case of computer-related learning and motivational characteristics. Denissen, Zarrett and Eccles (2007) propose a high intra-individual association between interest and self-concept. At least, the self-concept shapes the academic and occupation choices later-on (Lips, 2004), influences individual goal-setting and choices of future profession. These preferences by themselves may additively explain specific (school) subject motivation (Markus & Nurius, 1986). All the named factors (e.g. motivation or interest) are related to the self-concept and relevant to education. By displaying the current CSC status of students, the CSC can be considered for adapting teaching to each class, e.g. by differentiation or offering several learning aids

with varying difficulty in computer-based learning-units. In consequence, high CSC-achieving students aren't under-challenged anymore and all other students have a better chance to reach high cognitive achievement levels. Since the self-concept is strongly connected to individual experiences, students can improve their self-concept by successfully mastering new learning contents by using computer-based learning in this way of teaching (Janneck et al., 2013).

For measuring the CSC in school context, a short but valid instrument is needed to not disturb teaching flows. A simple and fast evaluation of a class needs a single-factor instrument with closed answer format. Schwanzer (2002) in her developmental approach initially included 17 scales focusing on a multidimensional self-concept by modifying the Self Description Questionnaire III (SDQ III) published by Marsh and O'Neill (1984). The Shavelson Model (Shavelson et al., 1976) with its 7 subscales served as a basis for all of these studies and could be constantly confirmed all over again until today (Brunner, Keller, Dierendonck, Reichert, Ugen, Fischbach, & Martin, 2010). Schwanzer (2002) aimed to adapt the SDQ III by designing a German version with scales and items relevant for adolescents, to choose a short response format, to extend the self-concept with more self-concept facets, to analyze the factor structure and at least to verify the validity of the new instrument. One of the added subscales is the 12-item CSC scale. She succeeded in validating the scale by applying several external criteria. In this regard the participants of the study had to specify the frequency of using computers for different purposes and the individual abilities in different areas of computer usage. The results confirmed that students having a high CSC are using the computer more often and had a higher self-perception of their own computer abilities. Due to missing test-retest reliabilities of the CSC scale and insufficient sample sizes ($N = 67$), these results were not included in a published version of the self-concept instrument (Schwanzer, Trautwein, Lüdke, & Sydow, 2005). The German CSC scale is short but with a broad psychological foundation. Our study's objectives were threefold: first, to validate Schwanzer's proposed instrument for monitoring the CSC with a sufficiently big sample; second, to assure a valid and reliable instrument with a minimal number of items suitable for different age-groups; and third, to verify gender differences in the CSC. As possible result, the reliable and valid CSC scale can be implemented together with all other subscales from Schwanzer et al. (2005) to evaluate the total self.

Material and methods

Our items originated from an internal report of Schwanzer (2002) by excluding one outdated item. The scale was implemented in German following a 4-point Likert scale response pattern and was applied using the original wording of Schwanzer (2002). The questionnaire was conducted as a traditional pen-and-paper test and was totally anonymous to minimize social desirability (Mummendey & Grau, 2008). This offered the possibility to include large sample sizes by providing adequate anonymity and privacy to encourage participants to give more candid responses. Furthermore, the anonymity should be emphasized during the introduction of the questionnaire and the participants were told that there is no correct answer in the questionnaire because it refers to personal views.

For our exploratory cross-sectional study, we focused on lower secondary, upper secondary, and university education. Therefore, our main sample consisted of three German subsamples: (i) 8th and (ii) 11th graders highest school stratification level (“Gymnasium”), and (iii) university freshmen from a variety of disciplines ($N = 488$) (see table 1). All completed the 11 item questionnaire. A main interdisciplinary goal of the 8th grade of the highest school stratification level is to handle different types of media (ISB, 2004). This is why we started our exploration specifically on this age-group. After the 8th grade, handling media, including multimedia-aided learning, is required. All participants can obtain or already reached the general higher education entrance qualification (“Abitur”: German equivalent of “A-Levels”) that is required for university studies. In consequence, they realize the same course of education and the results remain comparable in a specific subpart of the German population. The testing was conducted in Bavaria and at the University of Bayreuth including all school classes as well as multidisciplinary lectures that give their consent. If possible, all school classes of a grade level per school were asked to complete the questionnaire for gaining more in depth cross-sectional information.

To face criterion validity, some external criteria were applied regarding the self-assessment of abilities to handle computers, i.e. the frequency of computer use. Therefore, 117 university students (average age $M = 21.13$, $SD = 2.41$, 58.1 % female, 41.9 % male) completed the 11 item questionnaire including the external criteria. Both categories of external criteria, the frequency of using computers for different purposes and the individual abilities in different areas of computer usage, were taken from

Schwanzer (2002) but items were updated. We expect that a high CSC correlates with these external criteria. Participants were required to specify the frequency of using computers for different purposes: (i) surfing the internet; (ii) electronic communication (internet forum, email, skype, facebook messenger, icq, etc.); (iii) use of social networks, as well as (iv) programming. This questionnaire followed a 5-digit response format (1 = never, 2 = less than one time a week, 3 = various times a week, 4 = less than one hour a day, 5 = several hours a day).

Additionally, participants assessed their individual abilities in different areas of computer usage within a 4-digit response format (1 = absolutely no good, 2 = moderately well, 3 = good, 4 = very good). The following aspects were assessed: (i) handling of computers in general; (ii) editing texts; (iii) using the internet; (iv) correcting faults/understanding error messages/technical defaults; (v) handling software (confident handling of file formats, software installation, downloads, etc.), and (vi) handling hardware (expansion of the storage space, exchange of different components, etc.).

To exclude factors that falsify the measurement of the CSC and to prove the stability of the CSC, a test-retest reliability has to be calculated. The test-retest sample consisted of 75 upper secondary school students of the highest school stratification level with an average age of 16.84 ($SD = 1.07$, 57.3% female, 42.7% male). This sample completed the same 11 item questionnaire twice without evaluating the external criteria over an interval of 12 weeks.

Table 1. Characteristic values of the sub samples participating in the main study.

	N	Age		Gender [%]	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	female	male
University freshmen	115	21.13	2.407	58.3	41.7
11 th graders	214	17.05	.676	48.6	51.4
8 th graders	159	13.87	.604	39.0	61.0
Entire group	488	16.76	2.943	47.1	52.3

For statistical analyses, SPSS (Version 22.0) was used. The value of the inverse items (#10 and 11) was considered as inverted value for calculations. At first an exploratory factor analysis extracted one factor, using the principal axis factoring method and a varimax rotation of all 11 items. All items with cross-loadings as well as loading scores below .40 were removed (Stevens, 2002), the same with correlations between item and the total score below .30 (Nunnally & Bernstein, 1994) and items with α^* that

suggests a higher Cronbach's alpha if this item were to be deleted. The reduced scale was further analyzed as described for the 11 item scale.

To predict the scale homogeneity (Lienert & Raatz, 1994), we correlated all remaining items of the main sample with each other by using Spearman's Rho. Additionally, we calculated the average correlation of every single item with all others in the CSC scale and averaged them (Bortz & Döring, 2006).

As correlating the score of a scale with an external criterion can also provide evidence about test validity and is a direct function of the item validity estimates (Ferketich, 1991), we correlated the mean score of the CSC scale with 11 external criteria (bivariate correlation with Spearman's Rho and two tailed significance).

For evaluating the test-retest reliability, we first recalculated Cronbach's alpha for the second assessment as an indicator of internal consistency. Moreover, by correlating the scores of the first rating session with the scores obtained in a second rating session 11.95 weeks ($SD = 2.70$) later, we calculated test-retest reliability.

According to the central limit theorem, which implies that a sampling distribution has a normal distribution as the sample size gets large (usually starting from a sample size of 30), we assumed a normal distribution for our data (Field, 2013). Therefore we calculated all following results with parametric tests.

In order to be able to assess the statistical significance of the age differences, we employed univariate ANOVA for more than two independent samples. Additionally we used Tukey's post hoc test. For comparisons of gender within groups, we used t-test.

Results

Questionnaire revision and validation

To test the sampling adequacy, the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test was performed (Kaiser, 1970). A score of .80 indicated that the factor analysis achieved distinct and reliable factors (Kaiser, 1974). The exploratory factor analysis extracted three factors with an eigenvalue greater than one (Kaiser, 1960). The factor solution accounted for 48.8% of the total variance. Cronbach's alpha was .76 (for details, see table 2).

Five Items (# 5, 6, 9, 10 and 11) were removed due to insufficient or multiple loadings (selection details see material and methods). Item 7 was kept despite of its single loading on factor 3 because none of the selection criteria applied. A repeated factor

TEILARBEIT B

analysis based on the remaining 6 items revealed one single factor, explaining 48.8% of the variance. According to Lienert (1969) this can be labelled as remarkable.

Table 2. The CSC scale: loadings and cross loadings of items, correlations between item and the total score (r_{it}) and Cronbach's alpha if item deleted (α^*) before and after revision.

Item	Original CSC Scale					Revised CSC scale		
	Factor loadings			r_{it}	α^*	Factor loadings	r_{it}	α^*
	1	2	3					
1 It's very important for me to work with computers.	.638			.585	.722	.664	.603	.822
2 I really enjoy gaming or working with a computer.	.670			.652	.715	.774	.704	.803
3 I'm really interested in using computers.	.785			.686	.707	.844	.756	.790
4 Handling computer-software is a very important aspect for me.	.790			.649	.711	.760	.682	.806
5 Good computer skills are important for my personal progress in school/studies.	.368			.321	.755			
6 While I'm working with the computer, I often do not notice how quickly time passes by.			.399	.287	.760			
7 I willingly forego other activities for spending time with the computer.			.826	.504	.732	.518	.476	.846
8 I'm pretty inventive in dealing with computers.	.580			.489	.734	.575	.527	.836
9 I would name myself a computer expert.	.532	-.455		.497	.733			
10 If I have to learn to handle a new computer programme, I quickly feel overstrained.		.436		-.017	.795			
11 I only start using the computer, if I really have no other choice.		.811		-.014	.791			

Note. Underlined results were insufficient.

Cronbach's alpha (.84) indicated a good overall reliability (Kline, 1999). Additionally, no item deletion would have increased Cronbach's alpha substantially. The re-calculated characteristic values of the CSC scale were also summarized in table 2.

The exploratory factor analysis of each subsample also yielded a single factor. Cronbach's alpha of the CSC scale for the subsample of university freshmen was .84, of 11th graders was .84, and of 8th graders was .85. Thus, the CSC scale presents itself as suitable for adolescents of different ages.

The correlation matrix among items gives evidence about the scale homogeneity (Table 3). As Ferketich (1991) reports, item to item correlations more than .300 and lower than .700 would be desirable. In consideration of the Bonferroni correction, we used .001 as our criterion for significance. In any case, this assumption was confirmed. Although the inter-item correlation of item 7 and 8 didn't reach the .30-limit, all average correlations were sufficiently close to the given guidelines. Thus, nearly all items are essential as well as sufficiently related and therefore contribute to measurement of the core factor. This explains the appropriate value of .467 for scale homogeneity of the CSC scale.

Table 3. Correlation matrix among items.

Item	1	2	3	4	7	8	
1	1.00						
2	.556	1.00					
3	.531	.629	1.00				
4	.513	.566	.675	1.00			
7	.330	.454	.422	.329	1.00		
8	.346	.445	.490	.452	.262	1.00	
<i>r_{ii}</i>	.455	.530	.549	.507	.359	.399	<i>r_{ii}* = .467</i>

Note. Significance in each case <.001, r_{ii} = average correlation of the item with all the others in the CSC scale, r_{ii}^* = mean value of all average correlations.

In order to consider the correlations between the external criteria and the mean score of the CSC scale, we used a significance barrier of .005 with regard to the Bonferroni correction. Nevertheless, all external correlates remain significant and range from $r = .279$ to $r = .491$ (Table 4). Accordingly, we also showed a substantial correlation between the mean score of the external criteria and the mean score of the CSC. Correlations provably exist which means that the characteristic to be measured relates to each requested external criteria. In consequence, the criterion validity could be confirmed.

Table 4. External correlates of the CSC scale.

External criteria		r_a	r_b
Please specify, how often do you use the computer for the following purposes:	1 Surf the internet	.491	.526
	2 Electronic communication	.318	
	3 Use of social networks	.298	
	4 Programming	.328	
How do you assess your abilities in the following areas of computer usage:	5 Handling of computers in general	.483	.512
	6 Editing texts	.279	
	7 Using the internet	.288	
	8 Correcting faults/understanding error messages/technical defaults;	.375	
	9 Handling software	.478	
	10 Handling hardware	.412	

Note. r_a = correlation coefficient between every external criterion and the mean score of the CSC, r_b = correlation coefficient between the mean score of the external criteria and the mean score of the CSC, significance in each case $p \leq .005$.

The test-retest reliability for the CSC scale within the test-retest sample yielded a Cronbach's alpha of .82 which reflects the internal consistency following the repeated assessment (.80). The statistical correlation analysis reveals acceptable test-retest reliability with a value of .75.

Implementation of the CSC in different age-groups

A univariate ANOVA showed that age correlated with the CSC ($F(2, 485) = 10.74$, $p < .001$, $\omega = .20$) (Figure 1). Tukey's test verified this result and illustrated a significant difference between 8th and 11th graders ($p < .001$) as well as a significant difference between the 8th graders and the university students ($p < .001$). The CSC mean scores of the 11th graders and the university freshmen didn't differ significantly ($p = .765$). For more detailed information, we distinguished the age-groups by gender (Figure 1). The CSC scale showed a single factor and a good overall reliability for females (.78) and for males (.86) (Kline, 1999). Overall, the mean test score of the male participants varies between the different ages ($F(2, 254) = 12.05$, $p < .001$, $\omega = .28$). This could not be confirmed for the female participants ($F(2, 229)$, $p = .075$, $\omega = .12$).

Although there were no significant differences between gender of the university students, we observed that the male 11th graders reached a higher CSC ($M = 2.75$, $SE = .65$) than the female 11th graders ($M = 2.29$, $SE = .54$). This difference, -.46, BCa 95% CI [-.62, -.30], was significant ($t(212) = -5.65$, $p < .001$, $d = .77$). Similarly with the female 8th graders ($M = 2.43$, $SE = .53$) and the male 8th graders ($M = 2.99$, $SE = .63$), the difference, -.56, BCa 95% CI [-.75, -.37], was also significant ($t(157) = -5.81$, $p < .001$, $d = .94$).

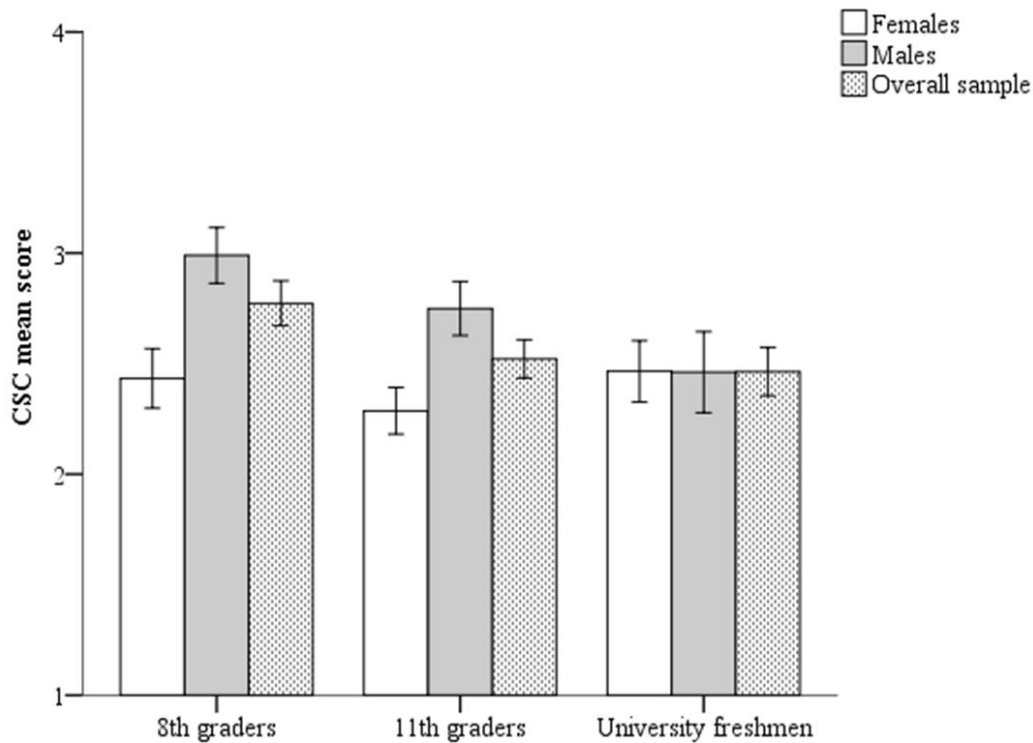


Figure 1. Comparison of overall mean test scores by age-group and gender. Note: bars are 95% confidence intervals.

Discussion

This study presented a German valid and reliable single factor scale with a minimal number of items to measure the CSC. We succeeded in validating the unpublished CSC scale of Schwanzer (2002) for different gender and age-groups of the German “Gymnasium” by reducing the number of items from twelve to six showing an overall good test-retest-reliability and internal consistency. The implementation of the scale showed that 8th graders demonstrated a higher self-concept than 11th graders and even the university freshmen. Similarly, a stereotypical gender difference, with a higher CSC for male participants, was found for the 8th as well as for the 11th graders. This difference vanished for university students.

The CSC is one component of the total academic self-concept. Therefore, it should not consist of more than one single factor, especially under consideration of implementing the

scale in a school context. In general, the validation of a scale should result in an instrument as short as possible while maintaining acceptable support for its validity and reliability (Ferketich, 1991). Validity is a broadly defined quality criterion of a test which refers to different quality aspects (Hartig, Frey, & Jude, 2012). We focused on proving criterion validity which implies the practical relevance of test values (Hartig et al., 2012). We achieved this objective with the shortened CSC scale. We obtained an instrument with a single-factor structure with moderate to good factor loadings measuring the CSC. Furthermore, university student's responses about individual computer usage were monitored. According to our expectations, the external criteria correlated significantly with the CSC scale which supports the scale's criterion validity. Those who often use the computer for a variety of purposes (e.g. surfing the internet, electronic communication or using social networks) also have a high CSC, as do those who assess their abilities for various areas of computer usage as good. In this case we required females to be engaged in equal tasks of computer use compared to males, as it was shown by Vekiri and Chronaki (2008).

The internal consistency, shown by Cronbach's alpha, is overall good (.84), as it is for all three subsamples and both genders. Moreover, the measured test-retest reliability estimate was acceptable which implies a demonstrable stability of the CSC and an adequate dependability and accuracy of the assessment method. This points out that the CSC is not influenced by actual external variables during the test situation. Furthermore, all items showed an appropriate scale homogeneity which is a supporting argument for both validity and reliability (Ferketich, 1991).

The established 4-digit response format of the CSC scale can be interpreted from two points of view: On the one hand the absence of a mid-point can avoid responses affected by social desirability, but on the other hand distortions in the results are possible (Garland, 1991). In the present study we cannot evaluate the effect of these points on our results.

For analyzing the gender specific CSC we also validated the shortened CSC scale for females and for males separately because the number of factors can be invariant across genders (Byrne & Shavelson, 1986). Our results supported a single factor solution and a good overall reliability for both genders of every age-group. In our study, the freshmen's CSCs did not discriminate between females and males. This is in line with the computer usage study of Imhof, Vollmeyer and Beierlein (2007). In consequence, the CSC can be yield a non-stereotypical self-concept rating in university courses despite some

disagreement in the literature. Baram-Tsabari and Yarden (2011), for example, stated that the typical stereotypes are not completely developed until the end of high school. This would result in a lower CSC for females and a higher one for males (compare also Sáinz & Eccles, 2012).

On average, for both genders, older subjects score lower in the CSC. This is in line with the literature (Comber, Colley, Hargreaves, & Dorn, 1997). In the separate subsamples of 8th as well as the 11th graders, our study demonstrates stereotypical gender differences in the CSC scores. This is in line with the results of Sáinz and Eccles (2012) who also demonstrated a stereotypical gender gap. The only difference is that, in contrast to our study, the self-concept increases for male students over time whereas the self-concept of the female respondents decreases. Our results were inverse. By comparing the CSC of both genders in the three explored age-groups, the CSC scores became aligned in conjunction with a decrease of males' CSC and an increase in CSC experienced by females. Nevertheless, an equivalent self-concept of both genders is necessary to enable all students the same chances especially by taking into consideration technology courses and the fact that multimedia-aided teaching and learning is becoming an increasingly important role in school. As mentioned before, the self-concept can possibly affect a variety of academic outcomes and differences in self-concept scores may play a significant role in regard to inter-individual differences in computer-related learning and motivational characteristics as well as interest (Christoph et al., 2015; Denissen et al., 2007; Marsh et al., 2005). Due to the increasing importance of computers in school and learning context, motivational differences need to be minimized. This study indicates that a push to increase the CSC of females is needed while maintaining the high CSC level of males. To guarantee individual and optimal support within the terms of differentiation, a tool for evaluating individual CSC scores is required to adapt teaching methods. The presented instrument offers the possibility to monitor student's self-concept in a fast and easy way by ensuring good quality criteria. With this knowledge a teacher can design appropriate teaching approaches with learning aids of different difficulty or division of the class in high and lower CSC-achieving students for supporting each other. In this way, students can master learning with computers and this success may lead to a higher CSC as constructing it is a continually process of evaluation and reappraisal. This increase in CSC is not only relevant for following education but also in future profession that will be more and more include working with computers. Therefore, teaching in younger ages should focus on evaluation of CSC and lead to a more positive CSC.

Limitations

A cohort effect in our study cannot be excluded due to an age gap of seven years in our sample (while technical progress proceeds very rapidly). Therefore, we would favor longitudinal study in the future. Additionally, to verify a shift of the CSC over ages, more age-groups are required, especially in younger ages. To increase the representativeness of the results, more data from different school types and countries are needed. Another potential limitation of our study is its dependence on just one single subscale, the CSC, thus ignoring potential multidimensionality of the total self as postulated for instance by Byrne and Shavelson (1987). Additionally, the construction of self-concept is more than just the reflection of absolute performance. Flexible selection and processing information where also personality traits come in, was shown to be important for develop a complete self-concept (Byrne, 1996; Gniewosz, Eccles, & Noack, 2011; Jonkmann, Becker, Marsh, Lüdtke, & Trautwein, 2012). In the following, the Big-Fish-Little-Pond-Effect (BFLPE) and social desirability shall be exemplary portrayed. Equally abled students show lower academic self-concepts when being part of a high-achieving class than being part of a low-achieving one. This phenomenon is well-known as the BFLPE (Marsh, 1987; Marsh & Parker, 1984). In our study we can't rule out the BFLPE having an impact on our results because we haven't collected additional data about achievement-levels of each participating class of our study. Furthermore, social desirability can lead to a falsification of results (Mummendey & Grau, 2008; Rost, 1996). Personality tests often are easy to see through. This may induce that self-monitoring, e.g. with rating scales, is more similar to an ideal self than the real self. Additionally, this effect varies with age, gender and class affiliation. To minimize an influence of social desirability, the questionnaire of this study was implemented in a pen-and-paper format by ensuring anonymity. But to prove the direct influence of social desirability on the results of the study a control scale should be added to the questionnaire, if the questionnaire's volume does allow (see, Oerke & Bogner 2013). Mummendey and Grau (2008) even report that socially desirable answers are part of a measured construct especially in self-concept research. All in all, this study can't give evidence about a possible influence of social desirability but tried to minimize the impact by adapting the execution of the survey.

Finally, we propose to implement our valid and reliable scale together with the scale for measuring the self-concept of computer ability of Zarrett and Malanchuk (2005) to

examine whether these both are based on the same construct to face convergent construct validity. In addition to that, to clearly separate the CSC from other constructs, the ‘attitudes toward computer usage’ scale (ATCUS v 2.0) by Morris, Gullekson, Morse and Popovich (2009) and the ‘computer user self-efficacy’ scale (CUSE) by Cassidy and Eachus (2002) should be included in further surveys. We have translated the scale, but the English version has not yet been validated. This validation should be the first goal of future research to allow a wide-ranging international application.

Conclusion

The CSC scale was one of 17 subscales proposed by Schwanzer (2002) with the goal to evaluate the total self-concept. Due to small sample sizes and missing test-retest reliabilities the CSC scale was the only one that was never completely validated. In this study we validated the CSC scale and now it can be combined with all other implemented subscales to evaluate the total self by gaining significant results. However, the CSC scale can also be used on a stand-alone basis. Our presented instrument provides a reliable and valid way for educators and teachers to rapidly obtain information about computer-related issues including self-concept preferences. The advantage of this scale is its broad psychological foundation and that it can be implemented on a stand-alone basis as well as in combination with other subscales to gain a holistic view of self-concept (Schwanzer et al., 2005). The scale’s shortness allows its application in classrooms without disturbing teaching flows and, thus, provides a huge potential to optimize teaching according to the individual needs of students.

Acknowledgements

This study was supported by the Inspiring Science Education (ISE) project funded by the European Union’s ICT Policy Support Programme as part of the Competitiveness and Innovation Framework Programme (Grant: 325123). This publication reflects only the author’s views and the European Union is not liable for any use that might be made of information contained herein. Special thanks go to teachers and students involved in this study for their cooperation.

References

- Azevedo, R., & Cromley, J. G. (2004). Does training on self-regulated learning facilitate students' learning with hypermedia? *Journal of Educational Psychology, 96*(3), 523-535.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Baram-Tsabari, A., & Yarden, A. (2011). Quantifying the gender gap in science interests. *International Journal of Science and Mathematics Education, 9*(3), 523-550.
- Bong, M., & Clark, R. E. (1999). Comparison between self-concept and self-efficacy in academic motivation research. *Educational Psychologist, 34*(3), 139-153.
- Bong, M., & Skaalvik, E. M. (2003). Academic self-concept and self-efficacy: How different are they really? *Educational Psychology Review, 15*(1), 1-40.
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation* (4th ed.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Broos, A. (2005). Gender and information and communication technologies (ICT) anxiety: Male self-assurance and female hesitation. *CyberPsychology & Behavior, 8*(1), 21-31.
- Brunner, M., Keller, U., Dierendonck, C., Reichert, M., Ugen, S., Fischbach, A., & Martin, R. (2010). The structure of academic self-concepts revisited: The nested Marsh/Shavelson model. *Journal of Educational Psychology, 102*(4), 964-981.
- Byrne, B. M. (1984). The general/academic self-concept nomological network: A review of construct validation research. *Review of Educational Research, 54*(3), 427-456.
- Byrne, B. M. (1996). *Academic self-concept: its structure, measurement, and relation to academic achievement*. In B. A. Bracken (ed.), *Handbook of self-concept* (pp. 287-316). New York: Wiley.
- Byrne, B. M., & Shavelson, R. J. (1986). *On gender differences in the structure of adolescent self-concept*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association.
- Cassidy, S., & Eachus, P. (2002). Developing the computer user self-efficacy (CUSE) scale: Investigating the relationship between computer self-efficacy, gender and experience with computers. *Journal of Educational Computing Research, 26*(2), 133-153.

- Choi, N. (2005). Self-efficacy and self-concept as predictors of college students' academic performance. *Psychology in the Schools, 42*(2), 197-205.
- Christoph, G., Goldhammer, F., Zylka, J., & Hartig, J. (2015). Adolescents' computer performance: The role of self-concept and motivational aspects. *Computers & Education, 81*, 1-12.
- Comber, C., Colley, A., Hargreaves, D. J., & Dorn, L. (1997). The effects of age, gender and computer experience upon computer attitudes. *Educational Research, 39*(2), 123-133.
- Conradty, C., & Bogner, F. X. (2011). Computer-aided learning: unguided versus guided instruction. *Advance Science Letters, 4*, 3310-3316.
- Denissen, J. J. A., Zarrett, N. R., & Eccles, J. S. (2007). I like to do it, I'm able, and I know I am: Longitudinal couplings between domain-specific achievement, self-concept, and interest. *Child Development, 78*(2), 430-447.
- Ferketich, S. (1991). Focus on psychometrics. Aspects of item analysis. *Research in Nursing & Health, 14*(2), 165-168.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics. And sex and drugs and rock'n'roll* (4th ed.). London: Sage Publications.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, intentions and behavior: An introduction to theory and research*. Boston: Addison-Wesley.
- Garland, R. (1991). The mid-point on a rating scale: Is it desirable. *Marketing Bulletin, 2*(1), 66-70.
- Girwidz, R., Bogner, F. X., Rubitzko, T., & Schaal, S. (2006a). Media-assisted learning in science education: An interdisciplinary approach to hibernation and energy transfer. *Science Education International, 17*(2), 95-107.
- Girwidz, R., Rubitzko, T., Schaal, S., Bogner, F.X. (2006b). Theoretical concepts for using multimedia in science education. *Science Education International, 17*(2), 77-93.
- Gniewosz, B., Eccles, J. S., & Noack, P. (2011). Secondary school transition and the use of different sources of information for the construction of the academic self-concept. *Social Development, 21*(3), 537-557.
- Guay, F., Marsh, H. W., & Boivin, M. (2003). Academic self-concept and academic achievement: Developmental perspectives on their causal ordering. *Journal of Educational Psychology, 95*(1), 124-136.

- Hartig, J., Frey, A., & Jude, N. (2012). *Validität*. In Moosbrugger, H. & A. Kelava, Testtheorie und Fragebogenkonstruktion (pp. 143-171). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Imhof, M., Vollmeyer, R., & Beierlein, C. (2007). Computer use and the gender gap: The issue of access, use, motivation, and performance. *Computers in Human Behavior*, 23(6), 2823-2837.
- ISB (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München) [State Institute for School Quality and Educational Research Munich (ISB)] (2004). *Curriculum 8th grade*. Munich. URL: <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26268>.
- Issing, L. J., & Klimsa, P. (1997). *Multimedia - Eine Chance für Information und Lernen*. In Issing, L. J., & P. Klimsa, Information und Lernen mit Multimedia (pp. 1-3). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Janneck, M., Vincent-Höper, S., & Ehrhardt, J. (2013). The computer-related self-concept: A gender-sensitive study. *International Journal of Social and Organizational Dynamics in IT*, 3(3), 1-16.
- Jonkmann, K., Becker, M., Marsh, H. W., Lüdtke, O., & Trautwein, U. (2012). Personality traits moderate the Big-Fish-Little-Pond Effect of academic self-concept. *Learning and Individual Differences*, 22(6), 736-746.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- Kaiser, H. F. (1970). A second generation little jiffy. *Psychometrika*, 35, 401-415.
- Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39, 31-36.
- Kiboss, J. K., Ndirangu, M., & Wekesa, E. W. (2004). Effectiveness of a computer-mediated simulations program in school biology on pupils' learning outcomes in cell theory. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 207-213.
- Kline, P. (1999). *The handbook of psychological testing* (2nd ed.). London: Routledge.
- Lienert, G. A. (1969). *Testaufbau und Testanalyse* (3rd ed.). Weinheim, Berlin, Basel: Julius Beltz.
- Lienert, G. A., & Ratz, U. (1994). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Beltz, Psychologie-Verlags-Union.
- Lips, H. M. (2004). The gender gap in possible selves: Divergence of academic self-views among high school and university students. *Sex Roles*, 50(5-6), 357-371.
- Markus, H., & Nurius, P. (1986). Possible selves. *American Psychologist*, 41(9), 954-969.

- Marsh, H. W. (1987). The big fish little pond effect on academic self-concept. *Journal of Educational Psychology*, 79(3), 280-295.
- Marsh, H. W., & Craven, R. G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. *Perspectives on Psychological Science*, 1(2), 133-163.
- Marsh, H. W., & O'Neill, R. (1984). Self Description Questionnaire III: The construct validity of multidimensional self-concept ratings by late adolescents. *Journal of Educational Measurement*, 21(2), 153-174.
- Marsh, H. W., Parker, J. W. (1984). Determinants of student self-concept: It is better to be a relatively large fish in a small pond even if you don't learn to swim as well? *Journal of Personality and Social Psychology*, 47(1), 213-231.
- Marsh, H. W., Parker, J., & Barnes, J. (1985). Multidimensional adolescent self-concepts: Their relationship to age, sex, and academic measures. *American Educational Research Journal*, 22(3), 422-444.
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005). Academic self-concept, interest, grades, and standardized test scores: Reciprocal effects models of causal ordering. *Child Development*, 76(2), 397-416.
- Mayer, R. E., & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 390-397.
- Morris, S. A., Gullekson, N. L., Morse, B. J., & Popovich, P. M. (2009). Updating the attitudes toward computer usage scale using American undergraduate students. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 535-543.
- Mummendey, H. D., & Grau, I. (2008). *Die Fragebogen-Methode* (5th ed.). Göttingen: Hogrefe.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric Theory* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Oerke, B., & Bogner, F. X. (2013). Social desirability, environmental attitudes, and general ecological behaviour in children. *International Journal of Science Education*, 35(5), 713-730.
- Pajares, F., & Miller, M. D. (1994). Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: A path analysis. *Journal of Educational Psychology*, 86(2), 193-203.

- Pancer, S. M., George, M., & Gebotys, R. J. (1992). Understanding and predicting attitudes towards computers. *Computers in Human Behavior*, 8(2), 211-222.
- Pöhl, S., & Bogner, F. X. (2012). Learning with computer-based multimedia: Gender effects on efficiency. *Journal of Educational Computing Research*, 47(4), 387-407.
- Räty, H., Vänskä, J., Kasanen, K., & Kärkkäinen, R. (2002). Parents' explanations of their child's performance in mathematics and reading: A replication and extension of Yee and Eccles. *Sex Roles*, 46(3-4), 121-128.
- Rost, J. (1996). *Lehrbuch Testtheorie, Testkonstruktion* (1st ed.). Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag Hans Huber Bern.
- Sáinz, M., & Eccles, J. (2012). Self-concept of computer and math ability: Gender implications across time and within ICT studies. *Journal of Vocational Behavior*, 80(2), 486-499.
- Schwanzer, A. (2002). *Entwicklung und Validierung eines deutschsprachigen Instruments zur Erfassung des Selbstkonzepts junger Erwachsener*. Max Plank Institute for Human Development: Berlin: Materialien aus der Bildungsforschung 74.
- Schwanzer, A. D., Trautwein, U., Lüdtke, O., & Sydow, H. (2005). Entwicklung eines Instruments zur Erfassung des Selbstkonzepts junger Erwachsener. *Diagnostica*, 51(4), 183-194.
- Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. *Review of Educational Research*, 46(3), 407-441.
- Stern, L., Barnea, N., & Shauli, S. (2008). The effect of a computerized simulation on middle school students' understanding of the kinetic molecular theory. *Journal of Science Education and Technology*, 17(4), 305-315.
- Stevens, J. P. (2002). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (4th ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Vekiri, I., & Chronaki, A. (2008). Gender issues in technology use: Perceived social support, computer self-efficacy and value beliefs, and computer use beyond school. *Computers & Education*, 51(3), 1392-1404.
- Yee, D. K., & Eccles, J. S. (1988). Parent perceptions and attributions for children's math achievement. *Sex Roles*, 19(5-6), 317-333.
- Zarrett, N. R., & Malanchuk, O. (2005). Who is computing? Gender and race differences in young adults' decisions to pursue an information technology career. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 2005(110), 65-84.

5.5 Teilarbeit C

Langheinrich, J., & Bogner, F. X. (2015)

Computer-related self-concept: the impact on cognitive achievement.

Studies in Education Evaluation

Status: submitted

Computer-related self-concept: the impact on cognitive achievement

Jessica Langheinrich & Franz X. Bogner

Z-MNU (Centre of Mathematics & Science Education), Department of Biology
Education, University of Bayreuth, Germany

Abstract

Teaching and learning in outreach laboratories nowadays is a well-established practice to complete hands-on experiences of students. Recently, digital contents have increasingly become important in order to support and further enrich individual haptic experiences. However, individual variables such as computer-related self-concepts are supposed to intervene with the cognitive learning success within this context. This potential interrelationship was a major focus of our study completed in an outreach laboratory where we integrated an eLearning module into a hands-on centered gene-technology module. By monitoring cognitive knowledge levels on a pre-, post- and retention test basis and simultaneously applying the computer-related self-concept to 162 German students (11th grade, highest school stratification level [“Gymnasium”]), an increase in knowledge became apparent independently of individual computer-related self-concepts. This missing relationship exemplarily fosters the assumption that computer-supported learning may be suited to every student regardless of computer-related self-concept scores. Although the study was performed in an outreach laboratory, the results may also apply to classroom contexts.

Keywords: computer-related self-concept, eLearning, outreach learning, secondary school

Introduction

Student-centered learning at an outreach laboratory

In 1963, Held and Hein published a famous experiment commonly known as the kitten carousel: Two kittens from the same litter were placed in an experimental carousel for several hours daily. One of the kittens sat in a gondola on the one end of the carousel and the other was free to move but was also connected to the movable arm of the carousel. In consequence, both kittens were linked in a way that every movement from the active kitten caused equivalent movements for the kitten in the gondola (outside testing, both kittens were kept with their mother in darkness). After several weeks, both kittens were placed on a small plank which they could leave by a small jump on the one side or a frightening fall (without risk of injury) on the other side: Only the active kitten always took the easy way by using a small jump. The results showed that visual stimulation produced by others is not sufficient to develop visually-guided behavior. Applied to school contexts, the mere presentation of knowledge packages or demonstration of teacher-centered experiments is insufficient for students to gain a holistic view of science. In out-of-school laboratories, students mostly work *actively* during the student-centered learning modules, where autonomous hands-on learning has always been shown to increase both, knowledge and conceptual understanding (Langheinrich & Bogner, 2015; Scharfenberg, Bogner, & Klautke, 2007). Furthermore, newly acquired knowledge has repeatedly been shown to be more stable than in conventional and teacher-centered science classes (e.g., Gerstner & Bogner, 2010, Randler & Bogner, 2006). However, further confirmation that hands-on learning offers a high potential to motivate students is required, particularly in terms of enjoyment, well-being and usefulness (Sturm & Bogner, 2008). Authentic first-hand experiences apparently allow the analysis and construction of scientific assertions by offering realistic problems and experiments in realistic environments (Hofstein & Lunetta, 2004). Additionally, out-of-school classrooms apparently offer interesting and useful environments with a positive effect on well-being (Meissner & Bogner, 2011). All these positive aspects of out-of-school laboratories may offer suitable opportunities for students to really feel like a scientist for a short time. By including eTools and eResources in teaching and learning science in an out-of-school laboratory (Hofstein & Lunetta, 2004), further enrichment may lead to better understanding of complex issues and increased interest or positive attitudes towards the subject matter (e.g., Conradt & Bogner, 2011; Kiboss, Ndirangu, & Wekesa, 2004;

Stern, Barnea, & Shauli, 2008). In consequence, the combination of eLearning and out-of-school laboratories may offer a holistic learning environment.

Visualizing the invisible: eLearning-supported learning and self-concept

In teaching molecular issues such as genetics, it often gets relevant to refer to a non-visible level to explain visible phenomena. With the help of dynamic visualization technology students get a chance to observe the molecular level which is otherwise invisible (Levy, 2013). In particular, virtual models ensure deeper understanding of topics and prevent ‘inert’ knowledge (Ferk, Vrtacnik, Blejec, & Gril, 2003; Ryoo & Linn, 2012). This may be a result of directing a student’s attention to task-relevant virtual manipulations (Barrett, Stull, Hsu, & Hegarty, 2015). Newly acquired knowledge obtained by working with dynamic visualizations may not only act as a procedural-motor but also produce declarative and problem-solving knowledge (Höffler & Leutner, 2007). Furthermore, digital representations of abstract objects permit students to construct abstract and complex concepts (Olympiou, Zacharias, & deJong, 2013). From the student’s point of view, working with 3D representations causes positive attitudes, increases interest and let learning material appear more attractive by still maintaining cognitive loads compared to 2D formats (Huk, Steinke, & Floto, 2010; Korakakis, Pavlatou, Palyvos, & Spyrellis, 2009). Based on literature research, however, all these positive aspects of computer-based learning also require critical reflection as self-concepts repeatedly have been shown to affect cognitive achievement (e.g., Guay, Marsh, & Boivin, 2003; Marsh, 1990; Marsh & Craven, 2006). Marsh et al. (2005), moreover, showed self-concept to be a valid predictor of subject grades. In consequence, for computer performance outcomes, the computer-related self-concept becomes a relevant variable in school (Christoph, Goldhammer, Zylka, & Hartig, 2015). Usually, it is defined as a dynamic phenomenon which affects a person’s ICT-related performance and itself is affected by past experiences with computers and a person’s individual environment (Janneck, Vincent-Höper, & Ehrhardt, 2013; Langheinrich et al., 2015). A high computer-related self-concept is related to greater theoretical and practical basic computer skills (Christoph et al., 2015). Christoph et al. (2015) described the computer-related self-concept as important by causing differences in computer-related learning issues. Janneck et al. (2013) presented it as a novel construct to evaluate computer-related emotions, attitudes and behaviors. Langheinrich et al. (2015) reported for boys a higher

computer-related self-concept in school contexts. In school contexts, therefore, it becomes more and more important to take the effect of prior self-concepts into consideration when drawing conclusions about academic achievement (Marsh, 1990).

Research Questions

To sum up, implementation of dynamic visualization technologies may offer teaching opportunities in non-visible levels and, thus, provide means of supporting cognitive learning in outreach laboratories. Nevertheless, inter-individual differences in computer-supported learning need consideration as computer-related self-concept scores may differ substantially at an individual level. Based on the literature, our research questions are: (i) Does a computer-supported gene technology module at an outreach laboratory increase individual knowledge sustainably? (ii) Does a high computer-related self-concept better achieve permanent cognitive achievement levels than a lower one?

Methods

The gene technology module: *DNA- Our genome*

The learning content of our gene technology module *DNA-Our genome* strictly followed the Bavarian syllabus (Bavarian Ministry of Education, 2007). It was a day-long teaching unit incorporating six complete lessons (a total of 270 minutes) including the implementation of the student survey at the end. All interventions were done by the same teacher and the same tutor. Students worked in groups of two. Our module was designed following Scharfenberg and Bogner (2011) in a one-step approach (Table 1). It started with an initial pre-lab phase to prevent learning difficulties because of a lack of basic experimental skills (Bryce & Robertson, 1985; Scharfenberg & Bogner, 2011). The following experimental phases consisted of a theoretical minds-on phase followed by an experimental hands-on phase. All in all, two experiments were completed: the isolation of genomic DNA from mucosa cells and the agarose gel electrophoresis of the own isolated DNA. Both experimental sections were linked by a theoretical eLearning phase. During the eLearning unit, students were provided with essential knowledge about the DNA structure while working with a 3D molecule viewer (interactive DNA model, see <http://www.chemie-interaktiv.net>; © R.-P. Schmitz). The teaching-unit was pilot-tested to optimize experiments as well as learning materials.

Table 1. Phases and descriptions of the gene technology module *DNA-Our genome*.

<i>Phase of teaching</i>	<i>Description</i>	<i>Students' activities</i>
Pre-lab phase	Introduction to working area	Hands-on
Experimental phase 1	Isolation of DNA from the mucous membrane	Mind-on Hands-on
eLearning phase	Learning the basic knowledge about the DNA using an interactive DNA model	Minds-on
Experimental phase 2	Agarose gel electrophoresis of the own isolated DNA	Minds-on Hands-on

Student sample and design of the study

162 Bavarian 11th graders at the highest stratification secondary school level (Gymnasium²), age $M = 17.05$, $SD = .68$, 79 girls, 81 boys, and one participant who did not report gender, participated in our study. For assessing knowledge increases, students completed a knowledge pre-test (T0) one week before the teaching unit, a post-test (T1) directly after the teaching unit and a retention-test (T2) nine weeks after the teaching unit (Figure 1). The knowledge test consisted of 20 content items, 8 of them evaluating the project-oriented knowledge of the laboratory activity and 12 evaluating the content knowledge of the eLearning unit (item examples, see Appendix A). At each test schedule, the order of questions and of answers were changed. The reliabilities (Cronbach's alpha) are presented in table 2. The teaching-unit as well as the knowledge test followed the Bavarian school curriculum. Therefore, content validity of the questionnaire is assumed. The analysis was conducted using sum scores: every correct answer was rated with a score of '1' and every incorrect answer was given '0' points. To measure the computer-related self-concept we additionally applied the shortened CSC scale of Langheinrich et al. (2015) at T0 ($\alpha = .837$). Students were never aware of any planned repeated testing situation and they received no instruction on the topic during data acquisition except from the gene technology module.

A test-retest sample ($N = 38$, age $M = 16.08$, $SD = 1.15$, 21 girls, 17 boys), which did not take part in the gene technology module, completed the knowledge questionnaire twice

over an interval of 5 weeks without receiving instruction on the topic during data collection.

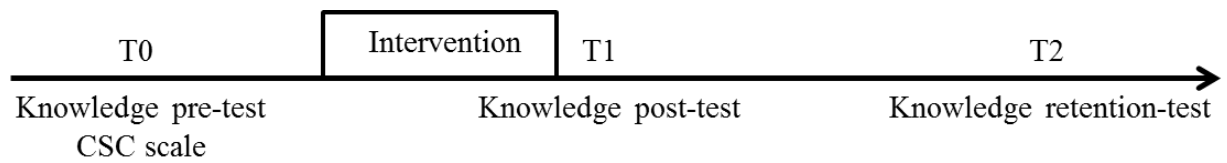


Figure 1. Schedule of questionnaire implementation.

Table 2. Number of items and Cronbach's alpha (α) of each test time evaluating the whole gene technology module and the subsample of items evaluating the eLearning unit.

<i>Knowledge Questions evaluating</i>	<i>Number of items</i>	α_{T0}	α_{T1}	α_{T2}
a) whole module	20	.628	.687	.652
b) eLearning sub unit	12	.653	.640	.675

Statistical Analysis

SPSS (version 22.0) was used for all statistical analyses. Following the central limit theorem, we calculated all results applying parametric tests (Field, 2013). For evaluation of the whole gene technology module we considered all 20 items. For statistical analysis of the eLearning unit, we selected 12 items that selectively concern this learning activity since we expected an interaction with the computer-related self-concept is expectable.

We analyzed the knowledge sum scores by using a repeated measures ANOVA. Pairwise comparisons between several test times were done by post-hoc tests using the Bonferroni correction. The two measurement times of the control sample were compared by using paired t-test. A Pearson product-moment correlation coefficient was computed to assess the relationship between the differences in the knowledge scores from the three measurement times and the mean score in the computer-related self-concept. T-test was used to evaluate differences between knowledge and computer-related self-concept mean-scores.

Results

Does participating in a computer-supported gene technology module at an outreach laboratory increase knowledge sustainably?

Mean knowledge scores differed significantly between measurement times (Figure 2), for both the whole gene technology module ($F(2, 334) = 235.76, p < .001$) and the eLearning unit ($F(2, 334) = 130.07, p < .001$). Post-hoc tests by using the Bonferroni correction revealed that participation in our educational module increases students' mean knowledge scores short- ($p < .001$) and long-term ($p < .001$). Results were similar for the eLearning unit ($p < .001$ for short- and long-term increase). Therefore, a computer-supported gene technology module clearly provided an increase in knowledge, even 9 weeks later.

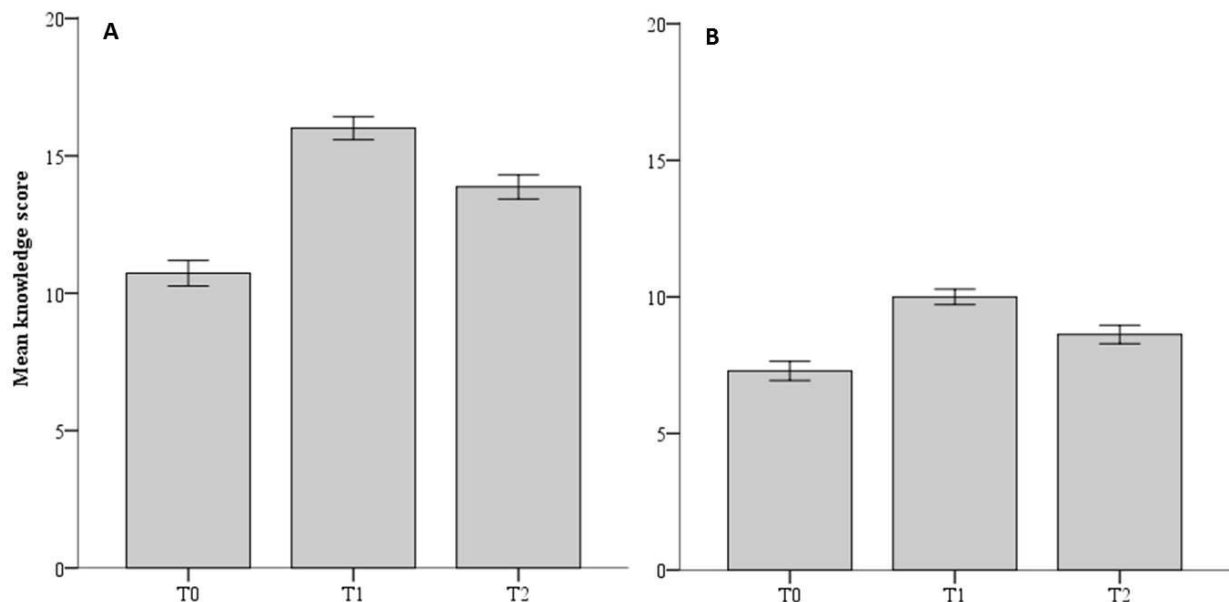


Figure 2. Mean knowledge scores of the main sample at the three different test times. **A** = Mean knowledge scores of all items evaluating the whole gene technology module; **B** = Mean knowledge scores of all items evaluating the eLearning unit; Bars are 95 % confidence intervals.

The test-retest sample, completing the 20 knowledge items twice over an interval of 5 weeks, showed no increase in knowledge (Figure 3). This was also true for the 12 knowledge items of the eLearning phase. The difference in the mean knowledge scores of

T0 ($M = 6.6$, $SD = .42$) and T1 ($M = 6.26$, $SD = .40$), $-.34$, BCa 95% CI $[-.55, 1.23]$, did not differ. In consequence, we can assume that completing the knowledge questionnaire did not interfere with the learning process.

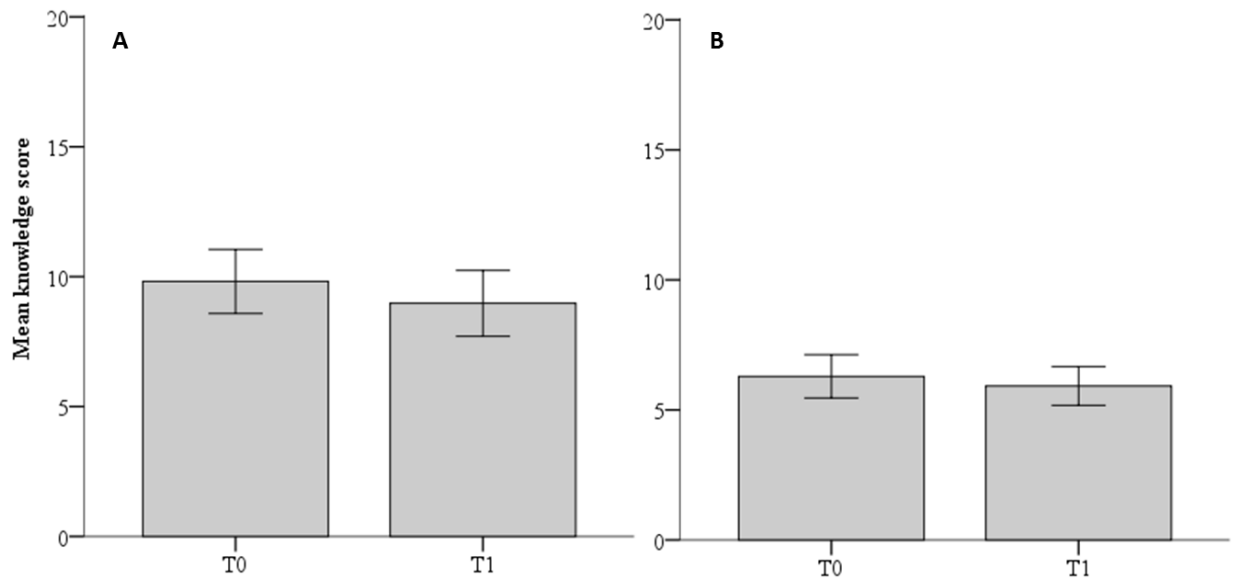


Figure 3. Mean knowledge scores of the control group at the two different test times. **A** = Mean knowledge scores of the total gene technology module; **B** = Mean knowledge scores of the eLearning unit; Bars are 95 % confidence intervals.

Do participants with a high computer-related self-concept retain a higher and more permanent cognitive achievement than participants with a low computer-related self-concept?

All in all, there was a significant difference between the girls' and the boys' computer-related self-concept score ($p < .001$). No significant relationship between knowledge increase during the eLearning phase and the computer-related self-concept was proven (table 3). This was shown for the overall sample as well as gender subgroups for short- and long-term acquired knowledge. In terms of knowledge mean scores, t-test also showed no significant difference between genders at any test time for both knowledge testing.

Table 3. Correlation coefficients between the computer-related self-concept (CSC) and the increase in knowledge acquired in the eLearning phase short (T0-T1) and long-term (T0-T2).

<i>Sample</i>	<i>M (CSC)</i>		<i>T0-T1</i>	<i>T0-T2</i>
All	2.50 ± .631	Correlation coefficient	-.054	-.014
		Sig. (two-tailed)	.495	.860
Girls	2.28 ± .528	Correlation coefficient	-.104	-.152
		Sig. (two-tailed)	.361	.181
Boys	2.73 ± .648	Correlation coefficient	-.038	.098
		Sig. (two-tailed)	.739	.382

Discussion

As expected, computer-support within an outreach laboratory module produces a short- and long-term knowledge increase. This is true for both the total outreach intervention and the eLearning subunit (which included working with an interactive DNA model). Gender produced a difference in the individual computer-related self-concept levels, but not in knowledge at any testing schedule. Nevertheless, unexpectedly, knowledge increase and computer-related self-concept scores were not related, meaning that a high computer-related self-concept *did not* produce any higher and more permanent cognitive achievement compared to a lower one. This is true despite the difference between girls' and boys' computer-related self-concept levels. Therefore, knowledge increases occurred independently of an individual computer-related self-concept, at least in the specific case of 11th graders and eLearning activities with the implemented interactive DNA model. Consequently, additional abilities in conjunction with the computer-related self-concept are irrelevant for learning with interactive 3D models in a school context. This means that independently of a low or a high computer-related self-concept, every student may face the same chance to increase her/his knowledge with the help of eLearning tools. Consequently, knowledge differences may have other causes. Fremerey and Bogner (2015) for example showed that topic-specific attitudes influenced cognitive learning. Transferred to eLearning modules, attitudes towards computers may provide a possible

factor, a variable that can be tested by the Attitudes Toward Computer Usage Scale (ATCUS v 2.0) by Morris, Gullekson, Morse and Popovich (2009). Zimmermann (2000) also described self-efficacy as a predictor of learning and achievement outcomes. Altogether, variables interacting with the learning progress not monitored in the present study may exert an influence. This certainly needs further research. The teacher as a variable for potentially different learning outcomes, as shown by Randler and Bogner (2009), can be excluded because every intervention was instructed by the same teacher and the same tutor.

That outreach learning does increase knowledge sustainably is quite in line with the literature (e.g., Bogner, 1998; Meissner & Bogner, 2011; Sellmann & Bogner, 2013). In the case of interactive virtual modules, Höffler and Leutner (2007) also reported such knowledge gains. Similarly, a provable impact on cognitive achievement has been shown by Guay et al. (2003), Marsh (1990) or Marsh and Craven (2006), when the whole academic self-concept was taken into account. Christoph et al. (2015) described computer-related self-concept as intervening with the learning process during an eLearning subunit. This expected relationship has not been confirmed by our results, as no relationship between the knowledge increase and the computer-related self-concept appeared. Thus, the computer-related self-concept as a subunit of the total academic self apparently does not provide the power to affect cognitive achievement.

For educational practice, eLearning clearly enhances out-of-school classroom modules and leads to high knowledge gains by enabling the students to learn in authentic environments. eLearning is increasingly relevant for schools because the integration of eLearning, in school classrooms or in out-of-school settings, expands teaching and learning possibilities and renders it a holistic experience. Integrating eLearning into teaching is also not related to computers alone, tablet PCs can suitably offer flexible alternatives. Students may experience education as more entertaining by using tablet PCs and, additionally, they show positive attitudes towards learning (Dündar and Akçayır, 2014). Therefore, eLearning in conjunction with hands-on learning offers more than just simply providing information. As the computer-related self-concept does not affect learning outcomes, eLearning-supported lessons may provide this opportunity to every student and the implementation of eLearning on tablet PCs makes it possible in every classroom. Thus, entire school classes can get a chance to actively experience science by having similar learning conditions.

Nevertheless, out-of-school classrooms are of great value for science classes in school (Sturm & Bogner, 2010). Although computer-supported hands-on learning needs introduction at school, outreach laboratories offer additional benefits: in addition to enriching any learning at school, they may offer novel experiences in a non-school location with alternative instructional techniques (Tran, 2007). This is also applicable to the present gene-technology module whose materials are not available at school. In consequence, all contents were a novelty for students. Furthermore, during the complete visit, we took care of a student-centered focus by letting the students complete all experiments and eLearning on their own. This often presents a change to traditional instruction in classrooms. Price and Hein (1991) summarized further benefits of learning at non-school classes: Students can interact with science when handling materials and observing phenomena. Transferred to our outreach module, students worked autonomously and performed real gene-technology experiments at a real science laboratory. This exciting experience can possibly engage the students in science learning. Neither should the social aspect of learning be neglected. In this study, for example, students worked in pairs. In consequence, the students acted in a social context and learned new, co-operative ways of working besides simply acquiring cognitive knowledge. All in all, our study strongly suggests that computer-supported hands-on learning is suitable for science classes both in school and in out-of-school settings by addressing all students. According to the topic being taught, target groups, class composition, the teaching method must be taken into account.

Limitations

Some limitations to our study apply: First, our results derive from a high achieving sample of German 11th graders. Other age groups, other achievement levels, other environments or even ordinary classroom situations may paint another picture. In general, it is important to mention that all results obtained under tightly controlled outreach lab conditions cannot easily be generalized to everyday school settings (Huk et al., 2010). Our student-centered experimentation intervention certainly generated a short- and long-term knowledge increase which is quite in line with other studies of different content (e.g., Gerstner & Bogner, 2010; Randler & Bogner, 2009; Scharfenberg et al., 2007). In general, this is true for cognitive achievement independently of environments both in

classroom-based and out-of-school settings (e.g., Geier & Bogner, 2010, Meissner & Bogner, 2011). Needless to say, out-of-school laboratories achieve more than simply imparting knowledge, especially when authentic experiments with first-hand experiences are provided (Hofstein & Rosenfeld, 1996). Unfortunately, we could neither monitor newly acquired practical skills nor spatial abilities which very likely might have impacted the knowledge increase during the work with virtual models (e.g., Barrett & Hegarty, 2014; Huk, 2006; Schönborn, Bivall, & Tibell, 2011). Last but not least, we monitored the computer-related self-concept without taking into consideration the multidimensionality of the self-concept (Byrne & Shavelson, 1987).

Conclusion

In summary, computer-supported teaching in an outreach laboratory is exemplarily shown to support cognitive learning regardless of individual computer-related self-concepts. Although these results were obtained in an outreach laboratory, the methodology is also adaptable to school classrooms in teaching genetics at an invisible level. For sure, out-of-school settings offer additional advantages. With the help of the presented interactive 3D molecular model, the invisible DNA-structure is made visible in school classrooms. Thus, eLearning tools offer a variety of learning objects to visualize the invisible like augmented reality tools, wearable computers, simulations or animations (Bell & Trundle, 2008; Gialouri, Uzunoglou, Gargalakos, Sotiriou, & Bogner, 2011; Rotbain, Marbach-Ad, & Stavy, 2008; Sotiriou & Bogner, 2008). With regard to the new opportunities provided by these eTools, age-appropriate and subject-specific implementation in classrooms is needed tailored to selected target groups. The present study is only one example of many possible applications of eLearning-supported hands-on learning.

Acknowledgements

This study was supported by the Inspiring Science Education (ISE) project funded by the European Union's ICT Policy Support Programme as part of the Competitiveness and Innovation Framework Programme (Grant: 325123). This publication reflects only the author's views and the European Union is not liable for any use that might be made of information contained herein. Special thanks go to teachers and students involved in this study for their cooperation.

Appendix

Appendix A

Item examples of the questionnaire. The correct answer is written in italics. Knowledge questions were split up into subcategories evaluating the eLearning unit or the laboratory activity.

<i>Item</i>	<i>Evaluated sub unit</i>
<p>The DNA bases are located...</p> <p>a) <i>at the interior of the DNA molecule and are linked with sugar.</i></p> <p>b) at the exterior of the DNA molecule and are linked with sugar.</p> <p>c) at the exterior of the DNA molecule and are linked with phosphate.</p> <p>d) at the interior of the DNA molecule and are linked with phosphate.</p>	eLearning unit
<p>To add 20 microliters to your sample, you use...</p> <p>a) a graduated pipette.</p> <p>b) a Pasteur pipette.</p> <p>c) a measuring cylinder.</p> <p>d) <i>a micropipette.</i></p>	Laboratory activity
<p>A DNA size standard helps to ...</p> <p>a) stain DNA strands.</p> <p>b) repair DNA fragments.</p> <p>c) <i>estimate the length of DNA fragments.</i></p> <p>d) extend DNA sequences.</p>	Laboratory activity
<p>Which base pairing is correct?</p> <p>a) Cytosine with adenine.</p> <p>b) <i>Guanine with cytosine.</i></p> <p>c) Adenine with guanine.</p> <p>d) Thymine with cytosine.</p>	eLearning unit

References

- Bavarian Ministry of Education (2007), *Syllabus Gymnasium G8*, Kastner, Wolnzach, Germany.
- Barrett, T. J., & Hegarty, M. (2014). Interaction design and the role of spatial ability in moderating virtual molecule manipulation performance. In *Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 672-677). Cognitive Science Society Austin, TX.
- Barrett, T. J., Stull, A. T., Hsu, T. M., & Hegarty, M. (2015). Constrained interactivity for relating multiple representations in science: when virtual is better than real. *Computers and Education*, *81*, 69-81. doi: 10.1016/j.compedu.2014.09.009
- Bell, R. L., & Trundle, K. C. (2008). The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(3), 346-372. doi: 10.1002/tea.20227
- Bogner, F.X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective. *Journal of Environmental Education*, *29*(4), 17-29. doi: 10.1080/00958969809599124
- Bryce, T., & Robertson, I. (1985). What can they do? A review of practical assessment in science. *Studies in Science Education*, *12*(1), 1-24. doi: 10.1080/03057268508559921
- Byrne, B. M., & Shavelson, R. J. (1987). Adolescent self-concept: Testing the assumption of equivalent structure across gender. *American Educational Research Journal*, *24*(3), 365-385. doi: 10.3102/00028312024003365
- Christoph, G., Goldhammer, F., Zylka, J., & Hartig, J. (2015). Adolescents' computer performance: the role of self-concept and motivational aspects. *Computers and Education*, *81*, 1-12. doi: 10.1016/j.compedu.2014.09.004
- Conradty, C., & Bogner, F. X. (2011). Computer-aided Learning: unguided versus guided instruction. *Advance Science Letters*, *4*, 3310-3316. doi: 10.1166/asl.2011.2040
- Ferk, V., Vrtacnik, M., Blejec, A., & Gril, A. (2003). Students' understanding of molecular structure representations. *International Journal of Science Education*, *25*(10), 1227-1245. doi: 10.1080/0950069022000038231
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics. And sex and drugs and rock'n'roll* (4th ed.). London: Sage Publications.

- Fremerey, C., & Bogner, F. X. (2015). Cognitive learning in authentic environments in relation to green attitude preferences. *Studies in Educational Evaluation, 44*, 9-15. doi: 10.1016/j.stueduc.2014.11.002
- Geier, C. S., & Bogner, F. X. (2010). Student-centered anti-smoking education: Comparing a classroom-based and an out-of-school setting. *Learning Environments Research, 13*(2), 147-157. doi: 10.1007/s10984-010-9069-4
- Gerstner, S., & Bogner, F. X. (2010). Cognitive achievement and motivation in hands-on and teacher-centered science classes: Does an additional hands-on consolidation phase (concept mapping) optimize cognitive learning at work stations? *International Journal of Science Education, 32*(7), 849-870. doi: 10.1080/09500690902803604
- Gialouri, E., Uzunoglou, N., Gargalakos, M., Sotiriou, S., & Bogner, F. X. (2011). Teaching real-life science in the lab of tomorrow. *Advanced Science Letters, 4*(11-12), 3317-3323. doi: 10.1166/asl.2011.2041
- Guay, F., Marsh, H. W., & Boivin, M. (2003). Academic self-concept and academic achievement: developmental perspectives on their causal ordering. *Journal of Educational Psychology, 95*(1), 124-136. doi: 10.1037/0022-0663.95.1.124
- Held, R., & Hein, A. (1963). Movement-produced stimulation in the development of visually guided behavior. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 56*(5), 872-876. doi:10.1037/h0040546
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education, 88*(1), 28-54. doi: 10.1002/sce.10106
- Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education, 28*(1), 87-112. doi: 10.1080/03057269608560085
- Höfler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction, 17*(6), 722-738. doi: 10.1016/j.learninstruc.2007.09.013
- Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability. *Journal of computer assisted learning, 22*(6), 392-404. doi: 10.1111/j.1365-2729.2006.00180.x
- Huk, T., Steinke, M., & Floto, C. (2010). The educational value of visual cues and 3D-representational format in a computer animation under restricted and realistic

- conditions. *Instructional Science*, 38(5), 455-469. doi: 10.1007/s11251-009-9116-7
- Janneck, M., Vincent-Höper, S., & Ehrhardt, J. (2013). The computer-related self-concept: A gender-sensitive study. *International Journal of Social and Organizational Dynamics in IT*, 3(3), 1-16. doi: 10.4018/ijsoedit.2013070101
- Kiboss, J. K., Ndirangu, M., & Wekesa, E. W. (2004). Effectiveness of a Computer-Mediated Simulations Program in School Biology on Pupils' Learning Outcomes in Cell Theory. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 207-213. doi: 10.1023/B:JOST.0000031259.76872.f1
- Korakakis, G., Pavlatou, E. A., Palyvos, J. A., & Spyrellis, N. (2009). 3D visualization types in multimedia applications for science learning: A case study for 8th grade students in Greece. *Computers and Education*, 52(2), 69-81. doi: 10.1016/j.compedu.2008.09.011
- Langheinrich, J., & Bogner, F. X. (accepted). Student conceptions about the DNA structure within a hierarchical organizational level: Improvement by experiment- and computer-based outreach learning.
- Langheinrich, J., Schönfelder, M., & Bogner, F. X. (accepted). Measuring the computer-related self-concept.
- Levy, D. (2013). How dynamic visualization technology can support molecular reasoning. *Journal of Science Education and Technology*, 22(5), 702-717. doi: 10.1007/s10956-012-9424-6
- Marsh, H. W. (1990). Causal ordering of academic self-concept and academic achievement: A multiwave, longitudinal panel analysis. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 646-656. doi: 10.1037/0022-0663.82.4.646
- Marsh, H. W., & Craven, R. G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. *Perspectives on Psychological Science*, 1(2), 133-163. doi: 10.1111/j.1745-6916.2006.00010.x
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005). Academic self-concept, interest, grades, and standardized test scores: Reciprocal effects models of causal ordering. *Child development*, 76(2), 397-416.
- Meissner, B., & Bogner, F. X. (2011). Enriching students' education using interactive workstations at a salt mine turned science center. *Journal of Chemical Education*, 88(4), 510-515. doi: 10.1021/ed1006103

- Morris, S. A., Gullekson, N. L., Morse, B. J., & Popovich, P. M. (2009). Updating the attitudes toward computer usage scale using American undergraduate students. *Computers in Human Behavior*, *25*(2), 535-543. doi: 10.1016/j.chb.2008.11.008
- Olympiou, G., Zacharias, Z., & deJong, T. (2013). Making the invisible visible: enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation. *Instructional Science*, *41*(3), 575-596. doi: 10.1007/s11251-012-9245-2
- Price, S., & Hein, G. E. (1991). More than just a field trip: Science programmes for elementary school groups at museums. *International Journal of Science Education*, *13*(5), 505-519. doi: 10.1080/0950069910130502
- Randler, C., & Bogner, F. X. (2006). Cognitive achievements in identification skills. *Journal of Biological Education*, *40*(4), 161-165. doi: 10.1080/00219266.2006.9656038
- Randler, C., & Bogner, F. X., (2009). Efficacy of two different instructional methods involving complex ecological content. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *7*(2), 315-337. doi: 10.1007/s10763-007-9117-4
- Rotbain, Y., Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2008). Using a computer animation to teach high school molecular biology. *Journal of Science Education and Technology*, *17*(1), 49-58. doi: 10.1007/s10956-007-9080-4
- Ryoo, K., & Linn, M. C. (2012). Can dynamic visualizations improve middle school students' understanding of energy in photosynthesis? *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(2), 218-243. doi: 10.1002/tea.21003
- Scharfenberg, F.-J., & Bogner, F. X. (2011). Teaching gene technology in an outresch Lab: Students' assigned cognitive load clusters and the clusters' relationship to learner characteristics, laboratory variables, and cognitive achievement. *Research in Science Education*, *43*(1), 141-161. doi: 10.1007/s11165-011-9251-4
- Scharfenberg, F.-J., Bogner, F. X., & Klautke, S. (2007). Learning in a gene technology laboratory with educational focus: Results of a teaching unit with authentic experiments. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *35*(1), 28-39. doi: 10.1002/bmb.1
- Schönborn, K. J., Bivall, P., & Tibell, L. A. E. (2011). Exploring relationships between students' interaction and learning with a haptic virtual biomolecular model. *Computers and Education*, *57*(3), 2095-2105. doi: 10.1016/j.compedu.2011.05.013

- Sellmann, D., & Bogner, F.X. (2013). Climate change education: quantitatively assessing the impact of a botanical garden as an informal learning environment. *Environmental Education Research*, 19(4), 415-429. doi: 10.1080/13504622.2012.700696
- Sotiriou, S., & Bogner, F. X. (2008). Visualizing the invisible: Augmented reality as an innovative science education scheme. *Advanced Science Letters*, 1(1), 114-122. doi: 10.1166/asl.2008.012
- Stern, L., Barnea, N., & Shauli, S. (2008). The Effect of a Computerized Simulation on Middle School Students' Understanding of the Kinetic Molecular Theory. *Journal of Science Education and Technology*, 17(4), 305-315. doi: 10.1007/s10956-008-9100-z
- Sturm, H., & Bogner, F. X. (2008). Student-oriented versus teacher-centered: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *International Journal of Science Education*, 30(7), 941-959. doi: 10.1080/09500690701313995
- Sturm, H., & Bogner, F. X., (2010). Learning at workstations in two different environments: A museum and a classroom. *Studies in Educational Evaluation*, 36, 14-19. doi: 10.1016/j.stueduc.2010.09.002
- Tran, L. U. (2007). Teaching science in museums: The pedagogy and goals of museum educators. *Science Education*, 91(2), 278-297. doi: 10.1002/sci.20193
- Zimmermann, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 82-91. doi: 10.1006/ceps.1999.1016

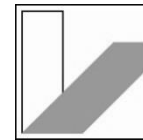
ANHANG**A Schülerfragebogen**

Gezeigt wird exemplarisch der Schülerfragebogen des Vortests. Der Nach- wie auch Behaltenstest beinhaltete denselben Wissensfragebogen jedoch mit abgeänderter Reihenfolge der Fragen wie auch der Antwortmöglichkeiten der einzelnen Fragen. Die *Draw-and-Write*-Aufgabenstellung war zu jedem Testzeitpunkt identisch. Die Computerselbstkonzeptskala wurde ausschließlich im Vortest abgefragt.

B Studentenfragebogen

Der Studentenfragebogen wurde nur ein einziges Mal abgefragt. Er beinhaltet neben der Computerselbstkonzeptskala auch die zur Validierung dieser notwendigen Außenkriterien.

A Schülerfragebogen



**UNIVERSITÄT
BAYREUTH**

Lehrstuhl Didaktik der Biologie

Liebe(r) Schüler(in),

dieser Fragebogen ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung.

Der ausgefüllte Fragebogen wird am Ende wieder eingesammelt, **Ihre Leistungen werden dabei aber in keiner Weise bewertet.**

Bitte bearbeiten Sie den Test alleine und bearbeiten Sie **alle** Fragen sorgfältig und wahrheitsgemäß!

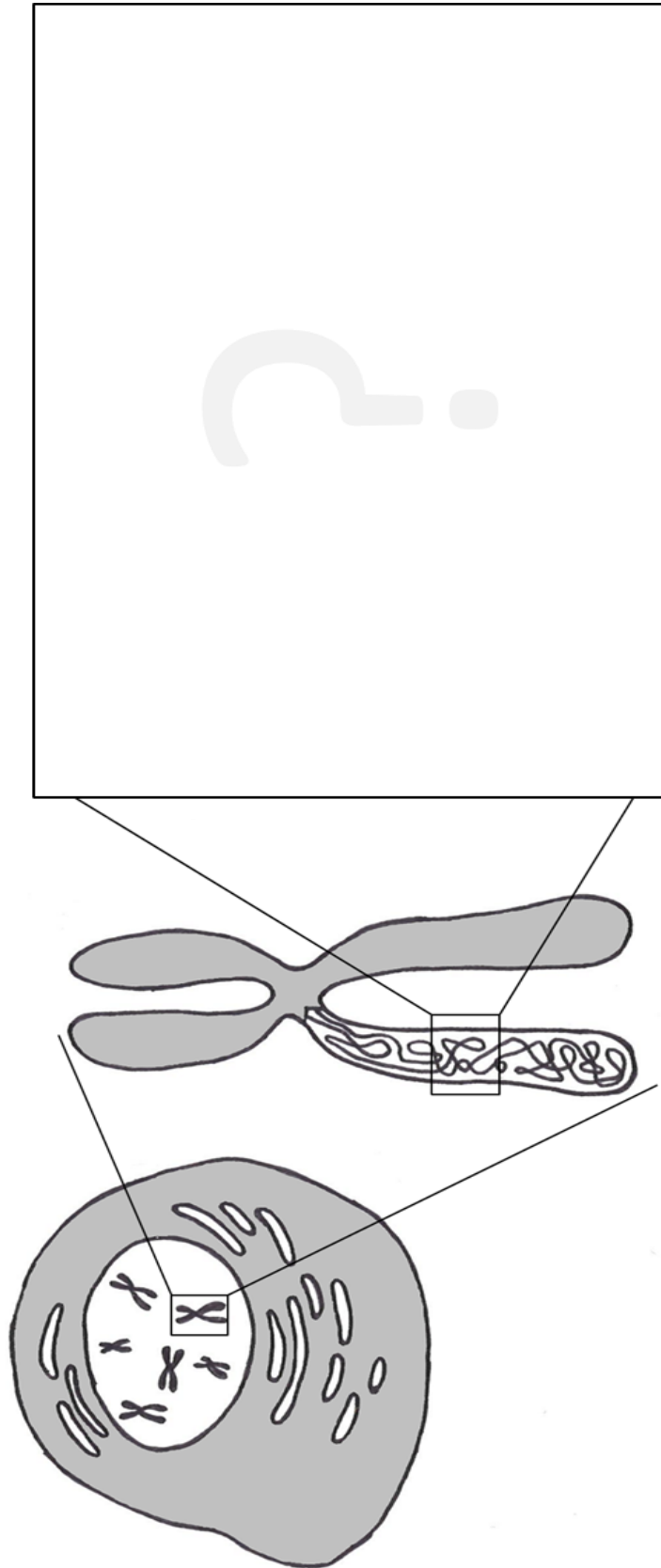
Die Daten werden streng vertraulich behandelt, deshalb muss ein Code angegeben werden.

Vielen Dank, dass Sie an dieser Befragung teilnehmen!

Bitte geben Sie für den Code Folgendes an:

Heute ist der ...	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> (tt.mm.jjjj)
Sie sind in der Klasse ...	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> (z.B. 10 A)
Sie sind ...	<input type="radio"/> weiblich <input type="radio"/> männlich
Sie sind geboren im ...	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> (Monat & Jahr)
Der Vorname ihrer Mutter beginnt mit den beiden Buchstaben ...	<input type="text"/> <input type="text"/> (Beispiel: <u>S</u> abine)
Ihre Hausnummer lautet...

Die Erbinformation befindet sich im Zellkern und dort in den Chromosomen. Zeichnen und beschriften Sie einen Ausschnitt der DNA-Struktur! Verwenden Sie bitte **keine** Farbstifte!



Beantworten Sie nun alleine folgende Fragen zu Ihrem Wissen. Es gibt immer **nur 1 richtige Antwort**, deshalb kreuzen Sie bitte jeweils nur 1 Antwort an!

Wenn Sie eine Antwort nicht wissen, kreuzen Sie die Frage nicht an.

Ein positiv geladenes Teilchen wandert im elektrischen Feld...
<input type="checkbox"/> zwischen beiden Polen hin und her. <input type="checkbox"/> zum positiven Pol. <input type="checkbox"/> zum negativen Pol. <input type="checkbox"/> überhaupt nicht.

Welcher der folgenden genannten Bestandteile ist <u>nicht</u> in der DNA enthalten...
<input type="checkbox"/> Adenin <input type="checkbox"/> Guanin <input type="checkbox"/> Desoxyribose <input type="checkbox"/> Ribose

Was stimmt <u>nicht</u> ? Die Wanderungsgeschwindigkeit eines Moleküls durch das Elektrophoresegel ist abhängig von...
<input type="checkbox"/> der angelegten Spannung. <input type="checkbox"/> der Dichte der Probe. <input type="checkbox"/> der Dichte des Elektrophoresegels. <input type="checkbox"/> der Größe der Moleküle.

1962 erhielten James Watson und Francis Crick den Nobelpreis für Medizin für die Entdeckung...
<input type="checkbox"/> der DNA im Zellkern. <input type="checkbox"/> der Bestandteile der DNA. <input type="checkbox"/> der Gelelektrophorese. <input type="checkbox"/> der Doppelhelixstruktur der DNA.

Mit Hilfe der Gelelektrophorese lassen sich Aussagen treffen über...
<input type="checkbox"/> die Molekülmasse. <input type="checkbox"/> die Anzahl der Bindungen eines Moleküls. <input type="checkbox"/> die Bestandteile eines Moleküls. <input type="checkbox"/> die Atome eines Moleküls.

Was stimmt <u>nicht</u> ? Die DNA des Menschen...
<input type="checkbox"/> ist Träger der Erbinformation. <input type="checkbox"/> ist ein langes Kettenmolekül. <input type="checkbox"/> ist aus Aminosäuren aufgebaut. <input type="checkbox"/> ist ein Makromolekül.

Welche Basenpaarung ist korrekt?
<input type="checkbox"/> Adenin paart mit Guanin <input type="checkbox"/> Thymin paart mit Cytosin <input type="checkbox"/> Guanin paart mit Cytosin <input type="checkbox"/> Cytosin paart mit Adenin

Wie viele DNA-Basenpaare ergeben eine vollständige Windung des DNA-Doppelstrangs um 360°?
<input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15

Tierische Zellen besitzen im Vergleich zu Pflanzenzellen...
<input type="checkbox"/> keinen Zellkern. <input type="checkbox"/> keine Zellwand. <input type="checkbox"/> keine Plasmamembran. <input type="checkbox"/> kein Zellplasma.

Um 20µl einer Flüssigkeit zu einer Probe zu geben, verwendet man...
<input type="checkbox"/> eine Pasteur-Pipette. <input type="checkbox"/> einen Messzylinder. <input type="checkbox"/> eine Mikropipette. <input type="checkbox"/> eine Messpipette.

Mit Hilfe einer Zentrifuge...

- wird die Probe durchmischt.
- werden die Moleküle in Schwingung gebracht.
- werden feste Stoffe von Flüssigkeiten getrennt.
- können einzelne Moleküle isoliert werden.

Spricht man vom „Rückgrat der DNA“, dann meint man damit...

- die ringförmige Struktur der DNA.
- die Kette aus Phosphat abwechselnd mit Desoxyribose als Bestandteil der DNA.
- die Paarung der DNA-Basen.
- die zum Schutz der DNA gebundenen Fettsäuren.

Die DNA-Basen befinden sich...

- im Inneren des DNA-Moleküls und sind an den Zucker gebunden.
- im Inneren des DNA-Moleküls und sind an Phosphat gebunden.
- an der Außenseite des DNA-Moleküls und sind an Phosphat gebunden.
- an der Außenseite des DNA-Moleküls und sind an den Zucker gebunden.

Beim Blick auf die DNA-Struktur sind verschiedene Furchen zu erkennen. Es gibt...

- eine durchgehende große Furche und mehrere kleine Furchen.
- eine durchgehende kleine Furche und mehrere große Furchen.
- eine durchgehende kleine und eine durchgehende große Furche.
- mehrere kleine und große Furchen.

Die beiden DNA-Stränge sind...

- versetzt voneinander.
- identisch.
- unabhängig voneinander.
- gegenläufig.

DNA-Moleküle werden in der Elektrophorese aufgetrennt, weil sie als Bausteine enthalten.

- Thymin
- Phosphat
- Zucker
- Cytosin

**Was stimmt nicht?
Die DNA ist in kaltem Alkohol...**

- unlöslich.
- als eine fädige Struktur zu erkennen.
- ein weißer Feststoff.
- löslich.

Die Struktur der DNA lässt sich am besten vergleichen mit...

- einer Papprolle.
- einer eingedrehten Strickleiter.
- einer Bahnschiene.
- einem Bindfaden.

Ein sogenannter „DNA-Längenstandard“ dient...

- der Messung der Länge eines DNA-Fragments.
- der Verlängerung von DNA-Bereichen.
- der Reparatur von DNA-Abschnitten.
- dem Anfärben von DNA-Strängen.

DNA steht für ...

- Desoxynukleinsäure.
- Oxyribonukleinsäure.
- Desoxyribonukleinsäure.
- Didesoxyribonukleinsäure.

Folgende Basenabfolge eines DNA-Einzelstrangs ist gegeben (Die Großbuchstaben stehen für den Anfangsbuchstaben der jeweiligen Base, Bsp.: „T“ für Thymin):

AATGGG

Wie lautet die Basenabfolge des gegenüberliegenden, paarenden DNA-Einzelstrangs?

- TTGCCC
- TTACCC
- TTGAAA
- GGACCC

Die DNA besteht aus ... verschiedenen Bausteinen.

- 2
- 4
- 6
- 8

Die DNA besteht aus folgenden Atomsorten:

- Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff und Stickstoff
- Wasserstoff, Sauerstoff, Phosphor, Schwefel und Stickstoff
- Wasserstoff, Sauerstoff, Phosphor, Kohlenstoff und Stickstoff
- Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel, Kohlenstoff und Stickstoff

Kreuzen Sie im Folgenden an, was am ehesten auf Sie zutrifft!

Setzen Sie bitte **nur 1 Kreuz pro Aussage.**

	trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
Es ist mir sehr wichtig mit dem Computer zu arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Am Computer zu spielen oder zu arbeiten macht mir richtig Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich benutze den Computer, weil mich das sehr interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Beschäftigung mit Computerprogrammen ist mir sehr wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gute Computerkenntnisse sind für mein Weiterkommen in der Schule wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich am Computer arbeite, merke ich oft nicht, wie die Zeit vergeht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Für die Beschäftigung mit dem Computer verzichte ich gerne auf andere Aktivitäten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Umgang mit Computern stelle ich mich sehr geschickt an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man kann mich schon als Computer-Crack bezeichnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ich ein neues Computerprogramm erlernen muss, fühle ich mich schnell überfordert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich setze mich eigentlich nur dann an den Computer, wenn es sich gar nicht anders vermeiden lässt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vielen Dank für die Mitarbeit!

B Studentenfragebogen



**UNIVERSITÄT
BAYREUTH**

Lehrstuhl Didaktik der Biologie

Liebe(r) Student(in),

dieser Fragebogen ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung.

Der ausgefüllte Fragebogen wird am Ende wieder eingesammelt, **Ihre Leistungen werden dabei aber in keiner Weise bewertet.**

Bitte bearbeiten Sie den Test alleine und bearbeiten Sie die Frage sorgfältig und wahrheitsgemäß! Setzen Sie bitte nur ein Kreuz pro Frage.

Die Daten werden streng vertraulich behandelt.

Vielen Dank, dass Sie an dieser Befragung teilnehmen!

Bitte geben Sie Folgendes an:

Heute ist der ...	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> (tt.mm.jjjj)
Sie sind im ... Semester	<input type="text"/> <input type="text"/> (z.B. 04)
des Studiengangs
Sie sind ...	<input type="radio"/> weiblich <input type="radio"/> männlich
Sie sind geboren im ...	<input type="text"/> <input type="text"/> . <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> (Monat & Jahr)

A) Schätzen Sie sich ein: Wie häufig verwenden Sie den Computer für folgende Tätigkeiten ...

	nie	weniger als 1x wöchentlich	mehrmals pro Woche	weniger als 1 Stunde täglich	mehrere Stunden täglich
Surfen im Internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elektronische Kommunikation (Internetforen, Email, Skype, ICQ, Facebook Messenger, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nutzung von Social Networks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programmieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
als Hilfsmittel im Studium	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

B) Schätzen Sie sich auch hier selber ein, wie gut Sie folgende Tätigkeiten beherrschen:

	überhaupt nicht gut	einigermaßen gut	gut	sehr gut
Umgang mit dem Computer allgemein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erstellen von Texten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erstellen von Grafiken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Programmieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nutzung des Internets	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Computerspiele	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Beheben von Störungen/Fehlermeldungen/technischen Defekten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Software (Sicherer Umgang mit Dateiformaten, Softwareinstallationen, Downloads, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hardware (Erweiterung des Speicherplatzes, Austausch verschiedener Bauteile, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

C) Kreuzen Sie im Folgenden bitte an, was am ehesten auf Sie zutrifft.

	trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
Es ist mir sehr wichtig mit dem Computer zu arbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Am Computer zu spielen oder zu arbeiten macht mir richtig Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich benutze den Computer, weil mich das sehr interessiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Beschäftigung mit Computerprogrammen ist mir sehr wichtig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gute Computerkenntnisse sind für mein Weiterkommen in der Schule wichtig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich am Computer arbeite, merke ich oft nicht, wie die Zeit vergeht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Für die Beschäftigung mit dem Computer verzichte ich gerne auf andere Aktivitäten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im Umgang mit Computern stelle ich mich sehr geschickt an.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Man kann mich schon als Computer-Crack bezeichnen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ich ein neues Computerprogramm erlernen muss, fühle ich mich schnell überfordert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich setze mich eigentlich nur dann an den Computer, wenn es sich gar nicht anders vermeiden lässt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vielen Dank für die Mitarbeit!

(Eidesstattliche) Versicherungen und Erklärungen

(§ 5 Nr. 4 PromO)

Hiermit erkläre ich, dass keine Tatsachen vorliegen, die mich nach den gesetzlichen Bestimmungen über die Führung akademischer Grade zur Führung eines Doktorgrades unwürdig erscheinen lassen.

(§ 8 S. 2 Nr. 5 PromO)

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass die elektronische Fassung meiner Dissertation unter Wahrung meiner Urheberrechte und des Datenschutzes einer gesonderten Überprüfung hinsichtlich der eigenständigen Anfertigung der Dissertation unterzogen werden kann.

(§ 8 S. 2 Nr. 7 PromO)

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass ich die Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

(§ 8 S. 2 Nr. 8 PromO)

Ich habe die Dissertation nicht bereits zur Erlangung eines akademischen Grades anderweitig eingereicht und habe auch nicht bereits diese oder eine gleichartige Doktorprüfung endgültig nicht bestanden.

(§ 8 S. 2 Nr. 9 PromO)

Hiermit erkläre ich, dass ich keine Hilfe von gewerbliche Promotionsberatern bzw. -vermittlern in Anspruch genommen habe und auch künftig nicht nehmen werde.

Bayreuth, den,

Ort, Datum, Unterschrift

Danksagung

Mein erster Dank gilt

Prof. Dr. Franz X. Bogner,

der es mir ermöglicht hat diese Arbeit am Lehrstuhl Didaktik der Biologie anfertigen zu dürfen. Zudem bedanke ich mich für die stete kompetente Unterstützung, die zahlreichen konstruktiven Diskussionen und die lehrreiche Mitarbeit im EU-Projekt *Inspiring Science Education*.

Des Weiteren möchte ich mich bei Herr Dr. F. J. Scharfenberg für die wirklich gute Zusammenarbeit in der universitären Lehre und im Demonstrationslabor Bio-/Gentechnik der Universität Bayreuth bedanken. Danke auch für die, im wahrsten Sinne des Wortes, immer „offene Tür“ und Ihrer immerwährenden Hilfsbereitschaft.

Ein weiterer Dank gilt Frau S. Hübner für die gute Zusammenarbeit in der Lehre und für die Unterstützung in vielen Bereichen am Lehrstuhl. Vielen Dank auch für die zahlreichen erheiternden Gespräche.

Bei meinen Arbeitskollegen möchte ich mich vor allem für die angenehme Arbeitsatmosphäre bedanken und die geselligen Stunden außerhalb der Arbeitszeit. Ein besonderer Dank gilt hierbei Olivia Dieser, Christine Arnold und Kerstin Bissinger, die ich neben der Arbeit als sehr gute Freundinnen kennenlernen durfte. Bei Michaela Marth möchte ich mich für die gemeinsame Studien- und Promotionszeit bedanken.

Darüber hinaus möchte ich mich bei allen Lehrkräften sowie Schülerinnen und Schülern für die Teilnahme an dieser Interventionsstudie und der Befragung bedanken.

Besonders möchte ich mich bei meiner Familie, meinem Freund Sebastian Knorr und meinen engsten Freunden bedanken, die mir stets den Rücken stärkten und die in allen Höhen und Tiefen vor und während der Promotionszeit an meiner Seite standen.

