

Universität Bayreuth
Lehrstuhl Didaktik der Biologie

Lernen mit Schülervorstellungen unter Berücksichtigung der *Cognitive Load* Theorie

**Multimediale Lerneinheiten zur
gentechnischen Produktion von Insulin**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften

- Dr. rer. nat. –

der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften
der Universität Bayreuth

vorgelegt von
Diplom-Biologin

Sabine Pöhl
2012

Diese Arbeit wurde von Juni 2008 bis März 2012 am Lehrstuhl für Didaktik der Biologie an der Universität Bayreuth unter der Leitung von Prof. Dr. Franz X. Bogner angefertigt.

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

Promotionsgesuch eingereicht am: 23. März 2012

Zulassung durch die Prüfungskommission: 18. April 2012

Wissenschaftliches Kolloquium: 30. Juli 2012

Amtierende Dekanin:

Prof. Dr. Beate Lohnert

Prüfungsausschuss

Prof. Dr. Franz X. Bogner (Erstgutachter)

Prof. Dr. Ludwig Haag (Zweitgutachter)

Prof. Dr. Stefan Schuster (Vorsitz)

Prof. Dr. Olaf Stemmann

Prof. Dr. Benedikt Westermann

Inhaltsverzeichnis

A. Summary.....	7
B. Zusammenfassung.....	9
C. Ausführliche Zusammenfassung	11
1. Theoretischer Hintergrund.....	11
2. Fragestellungen und Ziele der Teilarbeiten A bis C.....	15
3. Methoden.....	18
4. Ergebnisse und Diskussion	22
D. Literaturverzeichnis der Zusammenfassung.....	29
E. Teilarbeiten	33
1. Publikationsliste und Darstellung des Eigenanteils.....	33
2. Teilarbeit A	35
3. Teilarbeit B	38
4. Teilarbeit C	41
F. Anhang.....	44
1. Textbuch.....	44
2. Arbeitsheft	83
3. Verwendete Fragebögen	100
4. Bilder	109
5. Genehmigung	111

Danksagung

Erklärung

A. Summary

Genetic engineering methods still cause controversial discussions within our society although some methods such as genetically produced insulin are already established within the industrial production of medicaments. Therefore, clarification and imparting of knowledge pose an important challenge in a classroom. For example, the new G8 syllabus for 9th graders college preparatory school ('*Gymnasium*') specifically addresses this issue, starting from elementary molecular processes in building up knowledge in order to serve as prerequisite for further understanding of genetic engineering methods. Within this context, a large number of alternative conceptions (AC) exists about the complex topics genetics and genetic engineering.

Detecting and gradually changing those AC towards scientific conceptions was the specific issue of many studies about conceptual change (CC). However, although the limited working memory capacity is well-researched, studies considering cognitive load (CL, measured as mental effort (ME)) are rare. For this reason, we examine learning with AC and the corresponding CL. The treating of AC was included in multimedia learning units (computer- and textbook-based). The principles of multimedia learning (Mayer, 2005) served as guideline for the development of the design. We focussed on the effects of a state within the CC process, where AC were activated without encouraging students to further process the AC, on the number of scientific conceptions learned and on the ME invested. In addition, the efficiency (combined from learning success and ME invested) of the computer-based learning unit was analysed with a specific focus on possible gender differences.

The involvement of AC resulted in a higher ME without providing a considerable long-term learning success. Especially experts (high prior knowledge) seemed to be affected by the negative effects which was expected from literature. The experts' efficiency showed a poor cost-benefit-result. Results from study C indicate that adequate instructional design of the Multimedia learning unit fostered learning for young women.

The study as a whole contributes to the clarification of the CC process and the influencing factor ME or CL. The results of study A and B clearly indicate the

A - Summary

necessity of a reflected and conscious handling of AC within an instruction process. Additionally, it is very important to consider CL while learning with AC. The study contributes also to the still discussed topic 'learning with computer and gender influence'. Fostering young women's learning success through appropriate multimedia design can be assessed as positive for the application within instruction. However, reaching high efficiency for young women and young men clearly needs further research.

B. Zusammenfassung

Gentechnik sorgt nach wie vor für heftige Diskussionen in unserer Gesellschaft, obwohl manche Methoden, wie zum Beispiel die gentechnische Produktion von Insulin, schon seit Langem in der industriellen Produktion von Arzneimitteln Eingang gefunden haben. Konsequenterweise ist dieses gesellschaftliche Thema auch ein Thema der Schule. Ausgehend vom Wissen über grundlegende molekulare Vorgänge der Genetik soll ein möglichst vorurteilsfreies Verständnis von Anwendungen der Gentechnik erreicht werden, zumal in der Regel bereits eine Vielzahl von Schülervorstellungen vorhanden sind.

Die Aufdeckung und sukzessive Veränderung solcher Schülervorstellungen in Richtung der wissenschaftlichen Vorstellungen wurde in vielen Studien zu *conceptual change* (CC) untersucht. Obwohl man um die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses weiß, fehlen Studien über *cognitive load* (CL, kognitive Last, gemessen als *mental effort* (ME, geistige Anstrengung)). Die vorliegende Studie möchte daher den Zusammenhang von Lernen mit Schülervorstellungen und der zugehörigen CL herstellen. Hierfür wurde die Behandlung von Schülervorstellungen in multimediale Lerneinheiten (computer- und textbuchbasiert) integriert. Die Multimedia-Prinzipien nach Mayer (2005) dienen als Grundlage für die Entwicklung der Lerneinheit. Im Fokus stand die Analyse der Auswirkungen eines Zustands im CC-Prozess, indem Schülervorstellungen aktiviert werden, aber die Schüler¹ nicht aufgefordert werden, ihre Schülervorstellungen weiter zu bearbeiten, auf den Lernzuwachs und die verwendete ME. Daneben waren mögliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich der Effizienz (zusammengesetzt aus Lernerfolg und aufgewendeten ME) der computer-basierten Lerneinheit von Interesse.

Der Ansatz der Behandlung der Schülervorstellungen führte zu höheren ME-Werten bei wenig langfristigem Lernerfolg. Von den negativen Auswirkungen des Ansatzes, die basierend auf der Literatur erwartet wurden, scheinen vor allem Experten (Schüler mit hohem Vorwissen, wenig Schülervorstellungen) betroffen zu sein. Sie zeigten keine optimale Kosten-Nutzen-Bilanz der Effizienz. Die

¹ Zur Verbesserung der Lesbarkeit wird im Folgenden der Ausdruck „Schüler“ für beide Geschlechter verwendet.

B - Zusammenfassung

Ergebnisse der Teilarbeit C weisen darauf hin, dass das adäquate Design der multimedialen Lerneinheit zumindest lernförderlich für Mädchen war.

Die Gesamtarbeit liefert einen Beitrag zur Aufklärung des CC-Prozesses und dem Einflussfaktor ME bzw. CL. Die Ergebnisse von Teilarbeit A und B weisen deutlich auf die Notwendigkeit eines reflektierten und bewussten Umgangs mit Schülervorstellungen im Unterricht hin. Zusätzlich ist es besonders wichtig, die CL beim Lernen mit Schülervorstellungen zu berücksichtigen. Daneben leistet die Arbeit einen Beitrag zum nach wie vor diskutierten Thema: Lernen am Computer und Einfluss des Geschlechts. Die Förderung der Mädchen durch das adäquate multimediale Design ist als positiv für den Einsatz der entwickelten Lerneinheit im Unterricht zu bewerten. Dennoch sollte hier weiter geforscht werden um eine optimale Effizienz für beide Geschlechter zu erreichen.

C. Ausführliche Zusammenfassung

1. Theoretischer Hintergrund

Die Anwendungen von Methoden der Gentechnik führen nach wie vor zu emotionalen und heftigen Diskussionen in unserer Gesellschaft. Um diese Methoden verstehen zu können, ist ein Verständnis der zugehörigen Konzepte der Genetik wichtig. Die Genetik beschreibt eine Fülle von interagierenden Strukturen auf unterschiedlichen Organisationsebenen und stellt damit ein sehr komplexes Themengebiet dar (z.B. Duncan & Tseng, 2011). Die Genetik betrifft in diesem Zusammenhang natürlich auch Schüler, auch wenn diese sich der komplexen Abläufe manchmal nicht vollständig bewusst sind. Aber auch auf fachwissenschaftlicher Seite ist die Definition des Begriffs Gen, als Grundelement der Genetik, nach Jahren der Forschung nicht leichter, sondern komplexer geworden. Pearson (2006) spricht von: *“A locatable region of genomic sequence, corresponding to a unit of inheritance, which is associated with regulatory regions, transcribed regions and/or other functional sequence regions”*. Daneben fordert der Lehrplan für bayerische Gymnasien der 9. Klasse (G8) für den Biologieunterricht: „Eine Einführung in grundlegende genetische Vorgänge auf molekularer und zytologischer Ebene vermittelt ihnen eine erste Vorstellung von der Verwirklichung der Erbinformation und schafft so die Voraussetzung zum Verständnis gentechnischer Anwendungen“². Vor dem Hintergrund der Verknüpfung von wissenschaftlichen Inhalten mit den Lehrplanforderungen ist es nicht verwunderlich, dass die Genetik, auch wenn in schülergerechter Form dargestellt, Schülern erhebliche Schwierigkeiten im Verständnis bereitet.

Seit langem ist in der Lehr-Lern-Forschung bekannt, dass Schüler nicht ohne Vorstellungen in den Unterricht kommen (Duit & Treagust, 2003). Meist weichen schülereigene Vorstellungen nicht unerheblich von der wissenschaftlichen Vorstellung ab und bleiben aufgrund ihrer tiefen Verankerung leider auch noch

² <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26259> (letzter Zugriff: 30.11.2011)

nach dem Unterricht zu Teilen bestehen. Diese Schülervorstellungen³ im Bereich Genetik und Gentechnik können daher Verständnisschwierigkeiten zusätzlich verstärken. Der allgemeine Sprachgebrauch kann dabei zur tiefen Verankerung der Schülervorstellungen beitragen. Am Beispiel des Begriffs Vererbung lässt sich dieses Dilemma gut veranschaulichen. Wie soll der Schüler nachhaltig verstehen, dass Gene, also Erbgut, vererbt werden, phänotypische Merkmale jedoch nicht, wenn die Werbung titelt „Vererben Sie Ihren Nachkommen mehr als nur die Nase“ (vgl. Kattmann, 2007)?

Die Veränderung von Schülervorstellungen zu wissenschaftlichen Vorstellungen sind im Bereich *conceptual change*⁴ (CC, „Konzeptwechsel“) gut untersucht. Posner, Strike, Hewson und Gertzog (1982) stellten bereits sehr früh Bedingungen für einen erfolgreichen CC auf: Ausgehend von einer Unzufriedenheit des Schülers mit seinen Vorstellungen muss der Schüler die neue (wissenschaftliche) Vorstellung verstehen und die neue einleuchtende Vorstellung muss auch erfolgreich als Lösung auf neue Bereiche übertragbar sein. Heutzutage wird der CC-Prozess keineswegs mehr als radikaler Wechsel oder Austausch angesehen, sondern als kontinuierlicher Prozess, der vorhandene Vorstellungen als Anknüpfunggrundlage zum Ausbau und zur Neustrukturierung nutzt (Vosniadou & Ioannides, 1998; Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou, & Papademetriou, 2001). Dieser Prozess unterliegt verschiedenen kognitiven und affektiven Einflussfaktoren. Daneben spielen die Aktivierung der Schülervorstellungen, als Teil des Vorwissens, und das Bewusstsein über die eigenen Vorstellungen eine ebenso große Rolle (Vosniadou et al., 2001). Zur nachhaltigen Veränderung der Schülervorstellung hin zur vollständigen wissenschaftlichen Vorstellung wurden im Laufe der Jahre verschiedene Methoden entwickelt und eine Reihe von Einflussfaktoren erforscht. Ein Beispiel ist die Methode des *refutation text*⁵, die die wissenschaftlichen Vorstellungen klar mit konsequentem Herausstellen von Unterschieden zu vorhanden Schülervorstellungen erläutert (Diakidoy, Kendeou, & Ioannides, 2003; Mikkilä-Erdmann, 2001). Diese Methode, als Beispiel für

³ In der Literatur ist kein einheitlicher Begriff bekannt. Der Begriff Schülervorstellungen wird im Deutschen (im Englischen „*alternative conceptions*“) gegenüber dem Begriff Fehlvorstellungen (im Englischen „*misconceptions*“) bevorzugt, da er keine Wertung der Vorstellungen vornimmt.

⁴ Englischsprachiger Begriff wird verwendet, da Studien auf der Definition in englischsprachiger Literatur aufbauen.

⁵ Englischsprachiger Begriff wird verwendet, da Studien auf der Definition in englischsprachiger Literatur aufbauen.

eine Strategie des kognitiven Konflikts, führte auch zu Kritik. Vosniadou und Ioannides (1998) und Vosniadou et al. (2001) warnen davor, dass diese Methode die Lernenden in einen Zustand der Verwirrung führen kann, in welchem die Bildung von widersprüchlichen Vorstellungen möglich ist. Viele Aspekte der kognitiven Ebene, sowie der motivationalen Ebene (z.B. Pintrich, Marx, & Boyle, 1993; Sinatra, 2005) des CC sind bereits gut untersucht. Obwohl Diskussionsansätze zur Rolle der geistigen Anstrengung (*mental effort*, ME) bzw. der kognitiven Last (*cognitive load*, CL) vorhanden sind (z.B. Palmer, 2003), gibt es bisher wenige Studien, die diese mögliche Einflussvariable konkret untersucht haben. Dabei wäre dies im Bereich der zahlreichen Schülervorstellungen zur Genetik von zentraler Bedeutung sowie von besonderem Interesse. Für die Beschreibung und Messung der ME stellt die *Cognitive Load Theory* (CLT) eine geeignete Basis dar.

Die CLT, etabliert nach Sweller, van Merriënboer und Paas (1998) nimmt basierend auf Baddeley (1992) an, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses limitiert ist. Weiterhin nimmt sie in diesem Zusammenhang an, dass CL ein additives Konstrukt aus drei Teilkomponenten ist. Den Zusammenhang zwischen ME und CL beschreiben Paas, Tuovinen, Tabbers und van Gerven (2003) folgendermaßen: „*Mental effort is the aspect of cognitive load that refers to the cognitive capacity that is actually allocated to accommodate the demands imposed by the task; thus, it can be considered to reflect the actual cognitive load*“ (S. 64). Danach spiegelt die Erfassung der ME also die momentane CL wider. Die erste Komponente, *intrinsic* CL, beschreibt durch die Elementinteraktivität die Komplexität eines Lerninhaltes. Sie ist dabei abhängig vom Vorwissensgrad des Lerner: Je größer die Interaktionen von Einzelelementen eines Lerninhaltes (z.B. das Zusammenwirken von Proteinen mit unterschiedlicher Funktion in der Proteinbiosynthese), desto größer die *intrinsic* CL (vgl. auch Scharfenberg, Bogner & Klautke, 2007). Bei Lernern mit höherem Grad an Vorwissen sind bereits die nötigen Schemata (kognitive Strukturen) vorhanden. So können die Lernenden einen komplexen Sachverhalt mental verarbeiten, was in der Konsequenz die *intrinsic* CL erniedrigt (Sweller et al., 1998). Die *extraneous* CL, die zweite Komponente, bezieht sich auf das Design und die Umsetzung eines Lerninhaltes. Eine unstrukturierte Präsentation von Informationen mit unnötiger Zusatzinformation führt zu hoher *extraneous* CL. Die beiden ersten Komponenten sollen

durch adäquates Design reduziert (*extraneous CL*), sowie durch entsprechende Methoden gut gehandhabt (*intrinsic CL*) werden, damit genügend freie Kapazität für die dritte Komponente, *germane CL*, bleibt. *Germane CL* bezieht sich auf alle lernrelevanten Prozesse und damit auf die Bildung von Schemata. Die Veränderung im Langzeitgedächtnis, sprich die Änderung und Erweiterung vorhandener kognitiver Strukturen mit neuen Elementen sowie die Bildung neuer Schemata stellt nach der CLT **das Lernen** dar (Sweller, 2005). Bereits gespeicherte Schemata können als eine Art Leitfaden unterstützend bei der Strukturierung neuer Lerninhalte wirken (Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller, 2003). Allerdings muss erwähnt werden, dass eine Lerneinheit angepasst an die Bedürfnisse von Schülern mit geringem Vorwissen (Novizen), sich als nicht lernförderlich für Experten (mit hohem Vorwissen) erweisen kann. Diesen Effekt nennt die CLT den *expertise reversal effect* (Kalyuga, 2007). Ein hoher Grad an Führung der Lernenden in einer Lerneinheit (z.B. durch Struktur, Hilfsangebote und nötige Informationen) kann Experten dazu nötigen die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses auf Bearbeitungsprozesse zu ver(sch)wenden, die für sie unnötig sind, da entsprechende Schemata bereits vorhanden sind (Kalyuga, 2007): Eine hohe ME und nur ein geringer Lernzuwachs wären die Folge. Der Zusammenhang zwischen dem Lernzuwachs der Schüler (*performance*) und der zugehörigen ME wird in der CLT als Effizienz (*instructional efficiency*) beschrieben (Paas & van Merriënboer, 1993; Tuovinen & Paas, 2004). Dieses Konstrukt, das nicht nur den Lernerfolg allein mit einbezieht, sondern auch die ME, die zur Erlangung eines Lernerfolgs aufgewendet wurde, dient zur Einschätzung einer Unterrichtsbedingung (Paas & van Merriënboer, 1993). Je größer die ME für einen bestimmten Lernzuwachs, desto schlechter die Effizienz. Daneben existiert auch eine Form der Effizienz, die sich eher auf den Lernprozess bezieht (van Gog & Paas, 2008). (Weitere Erläuterungen finden sich im Methodenteil.) In Anlehnung an die zuvor beschriebene Notwendigkeit der Erforschung von ME als Einflussfaktor beim Lernen mit Schülervorstellungen, stellt die Untersuchung der Effizienz eine wichtige Erweiterung dar. Dabei ist der Einfluss des Vorwissensgrades, bezogen auf das Vorhandensein von Schülervorstellungen, auf die Effizienz in einer gegebenen Lerneinheit von sehr großem Interesse.

Die Prinzipien des multimedialen Lernens bilden für die Forderung nach angemessener Umsetzung der Lerninhalte für die vorliegende Arbeit eine

passende Grundlage (Mayer, 2005; Mayer, 2009). Die Prinzipien basieren auf der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML), postuliert von Mayer (2005, 2009), der multimediales Lernen als Lernen von Text und Bild beschreibt. Die CTML baut auf den Grundsätzen der CLT auf und geht ebenfalls von einer limitierten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses aus, das heißt, Lernen wird erleichtert, wenn Text und Bild so präsentiert werden, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses zum größten Teil für lernrelevante Prozesse (hohe *germane* CL) genutzt anstatt durch unsachgemäßes Design unnötig verwendet wird (hohe *extraneous* CL). Dabei muss erwähnt werden, dass die multimediale Umsetzung in diesem Kontext nicht zwangsweise computer-basiert erfolgen muss. Allerdings ist eine Anwendung der Prinzipien auf eine computer-gestützte Lerneinheit vor allem für eine Analyse von Auswirkungen auf beide Geschlechter von großem Interesse. Obwohl das Thema Computer und Geschlecht in unterschiedlichen Aspekten bereits mehrfach untersucht wurde, fehlen Studien zur Erfassung von CL und Effizienz. Zusätzlich sind die beschriebenen Ergebnisse zum Thema Computer und Geschlecht sehr unterschiedlich bis zum Teil widersprüchlich. Dies ist ein zusätzlicher Grund für die Notwendigkeit weiterer Studien auf diesem Gebiet.

2. Fragestellungen und Ziele der Teilarbeiten A bis C

Als Unterrichtsthematik wurde die gentechnische Produktion von Insulin ausgewählt, da sie die Anforderungen des Lehrplans der 9. Klasse Gymnasium erfüllt. Ein weiterer Grund für die Wahl des Themas ist, dass sich in diesem Thema Aspekte der Physiologie, der Molekulargenetik sowie ein Beispiel der medizinischen Anwendung der Gentechnik vereinen lassen. Wie in der Einleitung erläutert wurden zum Thema Genetik und Gentechnik bereits eine Vielzahl von Schülervorstellungen beschrieben, die das Verständnis behindern können. Allen Teilarbeiten liegt eine multimediale Lerneinheit zum Thema gentechnische Produktion von Insulin zugrunde. Die Umsetzung erfolgte computer-gestützt sowie textbuch-basiert. Gleichzeitig wurde die Behandlung von Schülervorstellungen integriert. Diese Arbeit soll einen Beitrag zur Aufklärung des Zusammenhangs

zwischen dem Behandeln von Schülervorstellungen und der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses der Schüler liefern. Da eine multimediale Lerneinheit als Rahmen für die Unterrichtseinheit gewählt wurde, muss im Rahmen dieser Arbeit auch die Effizienz im Sinne der CLT (v.a. der reinen computer-gestützten Lerneinheit) für beide Geschlechter untersucht werden. Abschließend werden mögliche Schlussfolgerungen in Bezug auf die Unterrichtspraxis gezogen.

Teilarbeit A: Schülervorstellungen und *cognitive load*

Wie bereits zuvor beschrieben, kann die Methode des *refutation text* zu einer widersprüchlichen Vorstellung aus Schülervorstellungen und wissenschaftlichen Vorstellungen führen. Allerdings wurde der mögliche Einflussfaktor ME auf diesen Zwischenzustand im kontinuierlichen CC-Prozess bislang nicht ausgiebig untersucht. Aber gerade die genaue Aufklärung dieses Zustands könnte zur Etablierung von Methoden der Überwindung des beschriebenen Zwischenzustands beitragen. Ziel dieser Teilarbeit war es daher, den Einflussfaktor ME und das Erlernen von wissenschaftlichen Vorstellungen in einem Ansatz zu untersuchen, der einen Zwischenzustand, der von Verwirrung geprägt sein kann, zu fördern versucht. Somit soll zur Aufklärung des CC-Prozesses sowie der Klärung der Rolle der ME im CC-Prozess beigetragen werden. Hierfür wurden bekannte Schülervorstellungen zu Begriffen und Prozessen der Genetik und Gentechnik gegensätzlich zur Methode des *refutation text* in die Lerneinheit integriert. Dies bedeutet, die Unterschiede der Schülervorstellungen und der wissenschaftlichen Vorstellung wurden nicht angesprochen. Die genauen Erläuterungen zu dieser Umsetzung finden sich im Methodenteil.

Die konkreten Fragestellungen der Teilarbeit A lauten:

- (1) Welche Effekte hat die gegensätzliche Methode des *refutation text* auf das Lernen von wissenschaftlichen Vorstellungen?
- (2) Welche Effekte hat diese Methode auf die investierte ME im Sinne von CL?
- (3) Welche Effekte ergeben sich dabei für die drei Komponenten der CL?

Teilarbeit B: Experten und Novizen beim Lernen mit Schülervorstellungen

Teilarbeit A und B befassen sich beide mit dem Behandeln von Schülervorstellungen und der Rolle des CL. Wie bereits beschrieben, fehlen Studien zur Effizienz hinsichtlich des Lernens mit Schülervorstellungen, sowie zum Einfluss des Vorwissensgrades der Schüler auf den CC-Prozess. Diese Aspekte gaben den Anstoß zur Vertiefung innerhalb der Gesamtarbeit. In Teilarbeit B stehen die Unterschiede in der Effizienz zwischen Experten und Novizen als Ziel im Fokus. Konkrete Fragestellungen sind:

- (1) Welche Auswirkungen hat das Einbringen von Schülervorstellungen entgegengesetzt zur Methodik des *refutation text* auf die Effizienz des Lernerfolgs?
- (2) Welche Auswirkungen haben dabei die verschiedenen Grade des Vorwissens auf die Effizienz des Lernerfolgs?

Teilarbeit C: Geschlechtsspezifische Unterschiede beim multimedialen Lernen am Computer

Die Erstellung der multimedialen Lerneinheit (besonders wenn computer-basiert) nach den Multimedia-Prinzipien erfordert die Untersuchung der Auswirkungen auf beide Geschlechter. Ziel dieser Teilarbeit ist es, den Lernzuwachs, die verwendete ME und die daraus resultierende Effizienz der Lerneinheit diesbezüglich zu analysieren. Die so erhaltene Einschätzung der gestalteten Lerneinheit leistet damit einen Beitrag zur Diskussion über erfolgreiche Gestaltung von computer-basierten Lerneinheiten für beide Geschlechter. Zusätzlich wird die intrinsische Motivation in die Analyse integriert und als weiterer Einflussfaktor diskutiert. Den folgenden konkreten Fragestellungen wird in dieser Teilarbeit nachgegangen:

- (1) Unterscheiden sich Mädchen und Jungen, die mit der computer-gestützten Lerneinheit arbeiten in ihrem Lernzuwachs?
- (2) Investieren Mädchen und Jungen unterschiedlich viel ME während des Behaltenstests?
- (3) Unterscheiden sich Mädchen und Jungen in der Effizienz?

3. Methoden

Methoden: Unterrichtsdesign, Messinstrumente und Datenauswertung

Teilarbeit A: Schülervorstellungen und *cognitive load*

In der ersten Teilstudie nahmen 398 Schüler aus bayerischen Gymnasien der 9. Klasse teil (Altersdurchschnitt: $M = 14,92 \pm SD 1.19$). Die Gruppeneinteilung im verwendeten quasi-experimentellen Design ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Für die Einführung in die Einheit, die eigentliche Unterrichtseinheit und den Nachtest standen jeweils 90 Minuten zur Verfügung. Die Schüler arbeiteten selbstständig in Partnerarbeit (2er Gruppen), allerdings bearbeitete jeder Schüler sein eigenes Arbeitsheft (siehe Anhang). Das Arbeitsheft dient als Leitfaden zur selbstständigen Bearbeitung der Lerneinheit.

Tabelle 1: Übersicht über quasi-experimentelles Design einschließlich der Teilstichproben von Untersuchungs- und Kontrollgruppe

	Gruppen				
	I-1 ^a	I-2	I-3	I-4	C
	CBLU ^b		TBLU ^c		-
Unterricht	Mit	Ohne	Mit	Ohne	Kein Unterricht
mit	Schülervor-	Schülervor-	Schülervor-	Schülervor-	
Arbeitsheft	stellungen	stellungen	stellungen	stellungen	
<i>n</i>	103	100	77	70	48
(Jungen, Mädchen)	(42, 61)	(54, 46)	(19, 58)	(26, 44)	(13, 35)

^a I-1 = *Instruction group 1*, C = Kontrollgruppe; ^b CBLU= *computer-based learning unit*; ^cTBLU= *textbook-based learning unit*

Die CBLU wurde mit der Software Mediator 9 entwickelt. Die CBLU und TBLU sind in jeweils 4 Kapitel unterteilt. Dabei wird in Kapitel 1 auf die Funktion des Insulins im Körper, auf die Krankheit Diabetes mellitus mit ihrer Behandlung sowie auf das

Insulin-Gen eingegangen. In Kapitel 2 werden Begriffe und Prozesse der Genetik erläutert. Zusätzlich wird auch die Unterscheidung von Gentechnik und Methoden, die nicht der Gentechnik zugeordnet werden, wie das Klonen von Säugetieren, thematisiert. Komponenten (z.B. Restriktionsenzyme) der gentechnischen Produktion von Insulin werden in Kapitel 3 zunächst einzeln vorgestellt. Kapitel 4 zeigt den Ablauf der Insulinproduktion auf molekularer Ebene. Die Anwendung der zuvor beschriebenen Prozesse und Komponenten sollen in diesem Beispiel der Gentechnik verdeutlicht werden. Kapitel 4 schließt mit einem Überblick über die Schritte vom Insulin-Gen zum fertigen Arzneimittel Insulin. Die Animationen der CBLU in Kapitel 4 wurden in der TBLU durch Bildfolgen mit Pfeilen ersetzt. Die Multimedia-Prinzipien (*the principles of multimedia learning*, Mayer, 2005) fanden als Designgrundlage Anwendung in der Entwicklung der Lerneinheiten. Zum einen sollte *extraneous* CL reduziert werden, um freie Kapazität im Arbeitsgedächtnis für Lernprozesse zu schaffen (z.B. Kohärenzprinzip: unnötige Informationen und Material wurde weggelassen). Zum anderen sollte der hohe *intrinsic* CL berücksichtigt und adäquat gehandhabt werden (z.B. Pre-Trainingsprinzip: Komponenten wie Enzyme wurden vor der Integration in den Gesamtablauf erläutert).

Für die Umsetzung des Ansatzes gegensätzlich zum *refutation text* wurden Texte mit Fragen nach den eigenen Vorstellungen zur Behandlung von Schülervorstellungen entwickelt und in Kapitel 1-3 eingebracht. Diese acht Aufgaben beschäftigen sich mit Begriffen der Genetik und Gentechnik (z.B. das Gen; die Veränderung von Erbgut) und sind in einen Einleitungstext (enthielt Schülervorstellungen), eine Frage zur schülereigenen Vorstellungen und einem Textabschnitt zur wissenschaftlichen Vorstellung gegliedert. Die wissenschaftliche Vorstellung wurde in den weiteren Verlauf der Lerneinheit integriert. Die erhobenen Schülervorstellungen aus einer früheren Arbeit (Franke, Scharfenberg & Bogner) dienen als Grundlage für die Entwicklung des Einleitungstextes. Im Gegensatz zum herkömmlichen Design des *refutation texts* wurden die beiden Textabschnitte nicht bewusst aufeinander bezogen. Die Schüler wurden lediglich aufgefordert, die Abschnitte in der vorgegebenen Reihenfolge zu lesen und zwischen den Abschnitten die Frage zu ihren eigenen Vorstellungen zu beantworten. Damit sollte ihr Vorwissen, also ihre Schülervorstellungen, aktiviert werden. Allerdings gab es keine Aufforderungen zur mentalen Bearbeitung ihres

C – Ausführliche Zusammenfassung

Vorwissens. In der CBLU waren die beiden Textabschnitte durch eine Nachdenkzeit von 45 Sekunden getrennt. Erst nach dem Ablauf dieser Zeit erschien der Button „weiter“ zum Text mit den wissenschaftlichen Vorstellungen. In der TBLU wurden die Textabschnitte auf der Vorder- bzw. der Rückseite eines Blattes platziert. Der Satz „Schreibe deine Vorstellung ins Arbeitsheft. Erst danach umblättern ☺!“ wurde nach der Frage hinzugefügt (siehe Anhang). Eine Übersicht über den Ablauf findet sich im Anhang von Manuskript 1 und 2.

Zur Bestimmung des Zuwachses an wissenschaftlichen Vorstellungen wurde der Fragenbogen (8 Items) nach Franke und Bogner (2011b) in einem dreistufigen Testdesign angewendet. Der Vortest wurde etwa zwei Wochen vor der Intervention, der Nachtest unmittelbar nach dem Unterricht und der Behaltenstest etwa sechs Wochen im Anschluss durchgeführt. Die vier Antwortmöglichkeiten jedes Items bestehen aus einer wissenschaftlichen Vorstellung sowie drei Schülervorstellungen als Distraktoren. Zur Erfassung der ME als Index für CL wurde die weitverbreitete Skala nach Paas, van Merriënboer und Adam (1994) eingesetzt: Die Schüler wurden nach jedem Kapitel aufgefordert ihre ME auf einer 9-stufigen Skala einzuschätzen (siehe Anhang). Zum Ausgleich möglicher Schwankungen in den subjektiven Einschätzungen wurde ein Anker in der Mitte der Skala (ME = 5, „genau so anstrengend wie der übliche Biologieunterricht“) platziert (vgl. Whelan, 2007). Aus den vier Werten der einzelnen Kapitel wurde zur Beschreibung der gesamten Lerneinheit ein Mittelwert für jeden Schüler berechnet.

Die Datenanalyse aller drei Teilstudien erfolgte mit SPSS 16.0 und PASW 18.0. Graphiken wurden mit SigmaPlot 12.0 erstellt. Geltend für alle drei Teilstudien, wurde die Wahl der statistischen Tests (parametrisch oder nicht-parametrisch) auf die Erfüllung der Bedingung der Normalverteilung und Varianzhomogenität gestützt. In Teilstudie A war die Varianzhomogenität für alle Variablen gegeben. Allerdings zeigten nicht alle Residuen der durchgeführten ANOVAs Normalverteilung (Shaapiro-Wilk). Um dennoch parametrische Analysen anwenden zu können, wurde das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0,04$ gesenkt (Zöfel, 2002, S. 209).

Teilarbeit B: Experten und Novizen beim Lernen mit Schülervorstellungen

Im Bezug zu Teilarbeit A blieben die Verteilung der Klassen, das Design der TBLU und die Behandlung der Schülervorstellungen gleich. Es wurde die gleiche externe Kontrollgruppe verwendet. Es wurde ebenfalls der Zuwachs an wissenschaftlichen Vorstellungen und die ME während der Unterrichtseinheit gemessen.

In dieser Teilstudie nahmen insgesamt 195 Schüler teil. Die Untersuchungsgruppen (TBLU mit ($n = 77$) und ohne Schülervorstellungen ($n = 70$; siehe auch Tabelle 1)) wurden nach hohem und niedrigem Vorwissen in weitere vier Gruppen unterteilt (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Übersicht der Gruppen mit unterschiedlichem Vorwissen und Teilstichproben

Label	<i>n</i>	Beschreibung	Vorwissen Summenwert
G-1	21	TBLU mit Schülervorstellungen Hohes Vorwissen (Experten)	≥ 5.84
G-2	7	TBLU mit Schülervorstellungen Niedriges Vorwissen (Novizen)	≤ 2.72
G-3	15	TBLU ohne Schülervorstellungen Hohes Vorwissen (Experten)	≥ 5.84
G-4	11	TBLU ohne Schülervorstellungen Niedriges Vorwissen (Novizen)	≤ 2.72

Note. Hohes Vorwissen: $4.28 + 1.56 = 5.84$; Niedriges Vorwissen: $4.28 - 1.56 = 2.72$. Der Mittelwert des Vorwissens über beide Untersuchungsgruppen ($n = 147$) ist $M = 4,28 \pm SD = 1,56$.

Weiterhin wurde in Teilarbeit B der Fokus auf die Effizienz (E) gelegt. Sie setzt sich aus den z-standardisierten Werten des Lernerfolgs (*performance*) und der ME zusammen. In unserem Fall wurde der langfristige Lernerfolg (Summenwert des Behaltenstests – Summenwert des Vortests) und die ME während des Unterrichts verwendet ($E = (zP_{\text{long-term}} - zME_{\text{learning}}) / \text{sqrt}(2)$). Da wir in dieser Teilstudie am Lernprozess während der Unterrichtseinheit interessiert waren, wurde hier die angepasste Form nach van Gog und Paas (2008) verwendet.

Die Bedingungen für die Normalverteilung wurden nur zum Teil und die Bedingungen für die Varianzhomogenität wurden erfüllt. Das Signifikanzniveau

C – Ausführliche Zusammenfassung

wurde auf $\alpha = 0,04$ abgesenkt (Zöfel, 2002, S. 209). Somit wurden parametrische Tests zur Datenanalyse verwendet.

Teilarbeit C: Geschlechtsspezifische Unterschiede beim multimedialen Lernen am Computer

An dieser Teilstudie nahmen 218 Schüler teil. Die Verteilung der Klassen, die externe Kontrollgruppe und das Design der CBLU und TBLU entsprechen der Beschreibung im entsprechenden Abschnitt zur Teilarbeit A. Hauptuntersuchungspunkt sind mögliche Unterschiede im Wissenszuwachs, der ME sowie der Effizienz zwischen Jungen (54) und Mädchen (46) in der Computergruppe ($n = 100$). Die Gruppe, die textbuch-basiert arbeitete, wird hier als Kontrollgruppe ($n = 70$) betrachtet (siehe Tabelle 1).

Der Lernzuwachs wurde mit einem selbstentwickelten Wissenstest erfasst (18 multiple-choice Items). Die ME wurde erneut während der Testphase mit der eindimensionalen Skala von Paas et al. (1994) erfasst. Zusätzlich wurde die ME während des Unterrichts bei der Auswertung berücksichtigt. In der Teilarbeit C steht die Einschätzung der Unterrichtsbedingungen im Vordergrund: Somit wurde die ursprüngliche Form nach Paas und van Merriënboer (1993) verwendet. Hierfür wird die ME während des Behaltenstests anstelle der ME während des Unterrichts verwendet.

Die Bedingungen der Normalverteilung und Varianzhomogenität waren nicht gegeben. Aus diesem Grund wurden nicht-parametrische Tests zur Analyse verwendet.

4. Ergebnisse und Diskussion

Da die Teilarbeiten unterschiedliche Aspekte untersuchten, werden die Diskussionen der Ergebnisse zunächst einzeln dargestellt und anschließend im Gesamtkontext der Arbeit erörtert.

Teilarbeit A: Schülervorstellungen und *cognitive load*

Die Auswirkungen eines Einbezugs von Schülervorstellungen entgegengesetzt zum *refutation text design* auf das Lernen von wissenschaftlichen Vorstellungen sowie der dabei verwendeten ME (als Index von CL) wurden in Teilarbeit A untersucht. Im Anlehnung an Swellers Beschreibung: „*Learning is defined as an alteration in long-term memory*“ (Sweller, 2005, S. 20) war der Vergleich des langfristigen Lernerfolgs von großer Bedeutung. Auch wenn die Ergebnisse keine eindeutige Aussage hinsichtlich signifikanter Unterschiede zwischen Untersuchungsgruppen mit Schülervorstellungen deren Vergleichsgruppen und der externen Kontrollgruppe zulassen, geben die Ergebnisse doch Hinweise auf einen lernhinderlichen Einfluss des Ansatzes. Diese Hinweise werden durch die Tatsache unterstützt, dass für den gegensätzlichen *refutation text* Ansatz eine höhere ME aufgewendet wurde. Der Vergleich der Textbuchgruppen lieferte dabei signifikante Unterschiede.

Im Forschungsbereich von CL im CC-Prozess existieren nur wenige Studien (z.B. Franke & Bogner, 2011a; Muller, Sharma, & Reinmann, 2008), die zwar beide darauf abzielen einen CC hervorzurufen, aber bezüglich des Ausmaßes der ME unterschiedliche Ergebnisse aufweisen. Während Franke und Bogner (2011a) seine niedrigen ME Werte auf eine geringere *intrinsic* load zurückführte, beschrieb Muller et al. (2008) seine höheren ME Werte als gesteigerte *germane* load. Aus diesem Grund bedurften die Ergebnisse im Hinblick auf die drei Komponenten einer Aufschlüsselung. Von besonderem Interesse ist dabei, welche Komponenten hauptsächlich (*intrinsic*, *extraneous* und *germane* CL) von der erhöhten CL bei der Behandlung der Schülervorstellungen betroffen sind. Basierend auf den Zielen der Arbeit und des verwendeten Ansatzes, sind die erhaltenen Ergebnisse in Einklang mit den Erwartungen. Damit lässt sich schlussfolgern, dass die alleinige Aktivierung von Vorwissen ohne weitere gezielte Aufforderung zur Verarbeitung (Förderung eines Zwischenzustands der Verwirrung im CC-Prozess), mehr CL aber keinen weiteren Nutzen bewirkt. Die ohnehin begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses wurde hier sozusagen verschwendet. Der nicht vorhandene Nutzen für den Lernerfolg durch die reine Aktivierung von Schülervorstellungen als Vorwissen wurde bereits in anderen Studien diskutiert (vgl. hierzu Alvermann & Hague, 1989; Mason, Gava, & Boldrin, 2008). Im Umkehrschluss unterstreicht

C – Ausführliche Zusammenfassung

dieser Punkt im Hinblick auf die Unterrichtspraxis die große Bedeutung eines strukturierten und reflektierten Umgangs mit Schülervorstellungen.

Teilarbeit B: Experten und Novizen beim Lernen mit Schülervorstellungen

Teilarbeit B lieferte Einblicke in die Auswirkungen des Behandeln der Schülervorstellungen (SV) gegensätzlich zum *refutation text design* hinsichtlich der erzielten Effizienz, im Besonderen für Schüler mit hohem und niedrigem Vorwissen. Die Auswertung des Lernerfolgs und der investierten ME der Schüler der Gruppe G-3 (TBLU ohne SV, Experten) und Schüler der Gruppe G-4 (TBLU ohne SV, Novizen; siehe Tabelle 2) zeigen in Anlehnung an die Literatur erwartete Ergebnisse. Die Experten können zwar im vorhandenen Design nur noch begrenzt dazu lernen, erfuhren aber gleichzeitig weniger ME. Umgekehrt haben Novizen mehr ME investiert und auch mehr dazugelernt. Diese Ergebnisse führen für beide Gruppen zu gleichwertig hohen Effizienzwerten. Die Bestätigung der theoretischen Erwartungen unterstützt somit die Validität der in Teilarbeit B erhobenen Messungen. Novizen der Gruppen G-2 (mit SV) und G-4 (ohne SV) zeigten keinerlei Unterschiede im Lernerfolg, in der investierten ME und damit in der Effizienz. In Anlehnung an die Kosten-Nutzen-Sicht der Effizienz nach van Gog und Paas (2008), haben diese beiden Gruppen für die investierte ME adäquaten Lernerfolg erzielt, wenngleich dieser Lernzuwachs als einfache Anreicherung von Wissen betrachtet werden kann. Im Gegensatz dazu haben Schüler der Gruppe G-1 (mit SV, Experten) verglichen mit Gruppe G-3 bei vergleichbarem langfristigen Lernzuwachs eine signifikant höhere ME während der Lerneinheit investiert. Somit zeigte die Expertengruppe G-1 als einzige eindeutig eine niedrige Effizienz und damit gleichzeitig die schlechte Kosten-Nutzen-Bilanz (van Gog & Paas, 2008) von aufgewendeter ME zu langfristigen Lernerfolg. Das Einbringen der Schülervorstellungen ohne weitere Aufforderung der Verarbeitung stellt für die Schüler mit höherem Vorwissen die Ursache der erhöhten und zugleich nicht lernförderlichen CL dar. Kalyuga et al. (2003) erläutern, dass die Experten keine andere Möglichkeit haben als die für sie irrelevanten Informationen, also in unserem Fall die Schülervorstellungen, in ihrer kognitiven Prozessierung mit einzuschließen. Diese Ergebnisse und die zugehörige Diskussion verdeutlichen die lernhinderlichen Auswirkungen des Ansatzes, vor allem für Schüler mit hohem

Vorwissen. Erneut zeigen die Ergebnisse die Wichtigkeit eines gezielten und reflektierten Umgangs mit Schülervorstellungen auf. Zusätzlich ist das Bewusstsein um die Unterschiede im Umgang mit Lernmaterial zwischen Experten und Novizen vor allem im Bereich CC von großer Bedeutung.

Teilarbeit C: Geschlechtsspezifische Unterschiede beim multimedialen Lernen am Computer

Ziel der Teilarbeit C war es, die gestaltete Lerneinheit in ihrer Effizienz für Jungen und Mädchen einzuschätzen. Die Analyse erbrachte eine höhere Effizienz für Mädchen in der Computergruppe, wobei diese auf einen höheren langfristigen Lernzuwachs zurückzuführen ist. Die Jungen lernten langfristig nicht dazu. Die nach den Multimedia-Prinzipien entwickelte computer-basierte Lerneinheit ist als lernförderlicher für Mädchen einzuschätzen. Dabei scheint vor allem die kohärente Struktur des Designs ausschlaggebend zu sein. Die Studie von Conradt (2011) mit Schülern der 8. Jahrgangsstufe zeigte für Mädchen im Allgemeinen einen höheren Lernerfolg. Allerdings galt dies nicht für die Computergruppe mit fehlender Lehrerunterstützung. Die Mädchen erzielten einen niedrigeren Lernerfolg im Vergleich zu den Jungen. Hierbei ist zu erwähnen, dass in der Studie von Conradt (2011) die Bearbeitungsrichtung nicht zwangsweise vorgegeben war. Im Gegensatz dazu gaben die Integration des Schülervorstellungsansatzes sowie der aufeinander aufbauende Inhalt die Richtung der Bearbeitung der Lerneinheit in unserer Studie vor. Unterstützt wird die Annahme, dass das Design der Einheit den ausschlaggebenden Einfluss auf den Lernerfolg hat, von mehreren Ergebnissen zur Untersuchung von Einflussfaktoren. Es zeigten sich für die ME während des Unterrichts und während des Behaltenstest keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen. Somit kann die investierte ME als ursächlicher Einflussfaktor ausgeschlossen werden. Da Jungen und Mädchen vergleichbare intrinsische Motivation (Interesse, Kompetenz und Brauchbarkeit) zeigten, lässt sich daraus schließen, dass sich beide Geschlechter gleichermaßen von der Einheit angesprochen fühlten. Die Studie von Lin und Atkinson (2011) zeigt ähnliche Ergebnisse. Somit kann dieser Faktor auch ausgeschlossen werden. Gleichzeitig zeigen diese Ergebnisse, dass diese Faktoren auch nicht die Ursache des nicht-vorhandenen langfristigen Lernerfolgs

der Jungen sind. Inwieweit mögliche Unterschiede in der kognitiven Verarbeitung von Jungen und Mädchen, die zum Beispiel von Grimley (2007) untersucht und diskutiert wurden, eine Rolle spielen, wurde in die Diskussion der Teilarbeit aufgenommen.

Schlussfolgerungen, Grenzen und Ausblick

Die reine Aktivierung von Schülervorstellungen, ohne die Schüler zur weiteren Bearbeitung aufzufordern, verwendet die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ohne bedeutenden langfristigen Lernerfolg. Vor allem die schlechte Kosten-Nutzen-Bilanz der Effizienz für Experten unterstreicht zusätzlich die negativen Auswirkungen eines reinen Ansprechens der Schülervorstellungen. Eine Grenze der Gesamtarbeit ist, dass keine Aussagen über den Einfluss des Gruppenpartners gemacht werden können. Dieser Punkt sollte in zukünftigen Studien beachtet werden. Basierend auf vorhandener Literatur, wird die mögliche Bildung der widersprüchlichen Vorstellungen in dem Zwischenzustand des CC-Prozess zwar angenommen, der detaillierte Nachweis dieser Vorstellungen war jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Studie. Zukünftige Ansätze könnten mit Hilfe von Interviews die genaue Struktur dieser widersprüchlichen Vorstellungen sowie deren Entwicklung im CC-Prozess aufdecken. Die Untersuchung zum CL hat gezeigt, dass es sich um einen Einflussfaktor des CC-Prozesses handelt. Wenige Studien (z.B. Franke & Bogner, 2011b; Muller et al., 2008) und die vorliegende Arbeit stellen die ersten Schritte in der Erforschung dieses Zusammenhangs dar. Interessant für weiterführende Studien zum *refutation text design* wäre, wie die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses in Form von CL bei der Bearbeitung dieses Textes verwendet wird. Ob zum Beispiel eine Überlastung (*cognitive overload*) bei der Neustrukturierung von Vorstellungen innerhalb des angestrebten CC-Prozesses auftreten kann. Die multimediale Lerneinheit, die als Rahmen für alle Teilstudien fungierte, lieferte im Fall der computer-basierten Einheit eine bessere Effizienz für Mädchen. Inwieweit der biologische Kontext eine Rolle spielt (vgl. hierzu Bell, 2001), konnte in der vorliegenden Studie nicht geklärt werden. Weitere Studien sollten somit auch andere Bereiche der Naturwissenschaften, wie Chemie und Physik, miteinbeziehen. Ebenso sollte in

fortführenden Forschungen untersucht werden, wie die Anwendung der Multimedia-Prinzipien die Effizienz für beide Geschlechter erhöhen kann.

Der Biologieunterricht soll im Bereich Genetik und Gentechnik den Schülern nicht nur fachwissenschaftliche Einblicke vermitteln, sondern auch Diskussionen über die Gesellschaftsrelevanz im Alltagsleben anregen. Allerdings müssen für diese Diskussionen zunächst die fachwissenschaftlichen Inhalte langfristig verstanden werden. Aus den vorliegenden Ergebnissen dieser Arbeit lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen. Den Lehrern müssen zunächst die negativen Auswirkungen eines ungezielten Umgangs mit Schülervorstellungen sowohl auf das Lernen als auch auf die Verwendung von geistiger Kapazität bewusst gemacht werden. Zum Entgegenwirken dieser negativen Auswirkungen wird in Anlehnung an Studien zum *refutation text* im Speziellen und zu CC im Allgemeinen (z.B. Diakidoy et al., 2003; Limón, 2001) eine Analyse von Unterschieden zwischen Schülervorstellungen und wissenschaftlichen Vorstellungen sowie eine gezielte Anregung der Schüler zur eigenen bewussten Re- oder Neukonstruktion von Vorstellungen vorgeschlagen. Allerdings sollten die Schülervorstellungen keiner Wertung unterzogen werden. Dabei sollte die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses der Schüler grundsätzlich mitbedacht werden. Eine Zerlegung in Lerneinheiten, bei der zunächst die Vorstellungspaare (Schüler- und dazugehörige wissenschaftliche Vorstellung) einzeln thematisiert werden und erst anschließend in Bezug zueinander gesetzt werden, ist basierend auf der CLT als lernförderlich zu betrachten. Zukünftige Studien könnten hier konkretere Methodenvorschläge liefern. Im Idealfall würde der Schüler z.B. die Werbung „Vererben Sie Ihren Nachkommen, mehr als nur die Nase“ (vgl. Kattmann, 2007) als funktionierendes Wortspiel im Alltag, aber als fachwissenschaftlich falsch ansehen. Die Umsetzung des Themas gentechnische Produktion von Insulin als multimediale Lerneinheit nach den Multimedia-Prinzipien war vor allem für Mädchen lernförderlich. Im Vergleich zu Studien, die Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen zu Ungunsten der Mädchen aufdeckten, ist es erfreulich zu wissen, dass adäquates Design die Mädchen fördert. Allerdings kann es nicht die Lösung sein, multimediale Lerneinheiten zu haben, die entweder die Mädchen oder die Jungen besser fördern. Für den alltäglichen Unterricht lässt sich deshalb im Moment nur vorschlagen, bei einem

C – Ausführliche Zusammenfassung

„Mädchen-freundlichen“ Design die Jungen zusätzlich zu motivieren oder Hilfestellungen zu geben und umgekehrt, damit das Lernen für beide effizient ist.

D. Literaturverzeichnis der Zusammenfassung

- Alvermann, D. E., & Hague, S. A. (1989). Comprehension of counterintuitive science text: effects of prior knowledge and text structure. *The Journal of Educational Research*, 82(4), 197–202.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556–559.
- Bell, J. F. (2001). Investigating gender differences in the science performance of 16-year-old pupils in the UK. *International Journal of Science Education*, 23(5), 469–486.
- Conradty, C. (2011). *Multimedial unterstütztes Lernen: Intrinsische Motivation & kognitiver Lernerfolg*. Dissertation, Universität Bayreuth, Bayreuth.
- Diakidoy, I.-A., Kendeou, P., & Ioannides, C. (2003). Reading about energy: The effects of text structure in science learning and conceptual change. *Contemporary Educational Psychology*, 28, 335–356.
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.
- Duncan, R. G., & Tseng, K. A. (2011). Designing project-based instruction to foster generative and mechanistic understandings in genetics. *Science Education*, 95(1), 21–56.
- Franke, G., & Bogner, F. X. (2011a). Cognitive influences of students' alternative conceptions within a hands-on gene technology module. *The Journal of Educational Research*, 104(3), 158–170.
- Franke, G., & Bogner, F. X. (2011b). Conceptual change in students' molecular biology education: Tilting at windmills? *The Journal of Educational Research*, 104(1), 7–18.
- Franke, G., Scharfenberg, F.-J., & Bogner, F. X. Investigation of students' alternative conceptions of terms and processes of gene technology. *submitted*
- Grimley, M. (2007). Learning from multimedia materials: The relative impact of individual differences. *Educational Psychology*, 27(4), 465–485.

- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist, 38*(1), 23–31.
- Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational Psychology Review, 19*(4), 509–539.
- Kattmann, U. (2007). Die Bedeutung von Alltagsvorstellungen für den Biologie-Unterricht (Aspekt Genetik). In *Unterricht Biologie, 329*, (pp. 24–34).
- Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal. *Learning and Instruction, 11*(4-5), 357–380.
- Lin, L. J., & Atkinson, R. K. (2011). Using animations and visual cueing to support learning of scientific concepts and processes. *Computers & Education, 56*(3), 650–658.
- Mason, L., Gava, M., & Boldrin, A. (2008). On warm conceptual change: The interplay of text, epistemological beliefs, and topic interest. *Journal of Educational Psychology, 100*(2), 291–309.
- Mayer, R. E. (Ed.). (2005). *The cambridge handbook of multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mikkilä-Erdmann, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction, 11*(3), 241–257.
- Muller, D., Sharma, M., & Reinmann, P. (2008). Raising cognitive load with linear multimedia to promote conceptual change. *Science Education, 92*(2), 278–296.
- Paas, F., & van Merriënboer, J. J. G. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human Factors, 35*(4), 737–743.
- Paas, F., van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills, 79*, 419–430.
- Paas, F., Tuovinen, J., Tabbers, H., & van Gerven, P. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist, 38*(1), 63–71.

- Palmer, D. H. (2003). Investigating the relationship between refutational text and conceptual change. *Science Education*, 87(5), 663–684.
- Pearson, H. (2006). Genetics: What is a gene?, 441(7092), 398–401.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167–199.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- 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.
- Sinatra, G. M. (2005). The "warming trend" in conceptual change research: The legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*, 40(2), 107–115.
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19–30). New York: Cambridge University Press.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296.
- Tuovinen, J., & Paas, F. (2004). Exploring multidimensional approaches to the efficiency of instructional conditions. *Instructional Science*, 32, 133–152.
- van Gog, T., & Paas, F. (2008). Instructional efficiency: Revisiting the original construct in educational research. *Educational Psychologist*, 43(1), 16–26.
- Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213–1230.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 381–419.

D - Literaturverzeichnis

Whelan, R. R. (2007). Neuroimaging of cognitive load in instructional multimedia.

Educational Research Review, 2(1), 1–12.

Zöfel, P. (2002). *Statistik verstehen*. [Understanding statistics] ([Nachdr.]).

München [u.a.]: Addison-Wesley.

E. Teilarbeiten

1. Publikationsliste und Darstellung des Eigenanteils

A. Pöhl, S. & Bogner, F.X. (2012)

Cognitive load and alternative conceptions in learning genetics: effects from provoking confusion

The Journal of Educational Research

(in press)

B. Pöhl, S. & Bogner, F.X. (2012)

A modified refutation text design: Effects on instructional efficiency for experts and novices

Educational Research and Evaluation

(submitted)

C. Pöhl, S. & Bogner, F.X. (2012)

Learning with computer-based multimedia: Gender effects on efficiency

Journal of Educational Computing Research

(in press)

Darstellung des Eigenanteils

Im Folgenden wird der Eigenanteil der Teilarbeiten A bis C dargestellt.

Die Unterrichtseinheit „Wie wird das Medikament Insulin für den Diabetiker hergestellt?“ mit den zugehörigen Materialien (computer-gestützte Lerneinheit, Textbuch und Arbeitshefte) wurden von mir konzipiert, entwickelt und gestaltet. Die Einleitungstexte zu Schülervorstellungen wurden von mir verfasst, basierend auf Daten einer früheren Studie. Die Intervention wurde von mir geplant, durchgeführt und evaluiert.

E - Teilarbeiten

Der Wissenstest wurde von mir passend zu den Unterrichtsinhalten entwickelt. Die statistischen Analysen der Daten wurden ausschließlich von mir durchgeführt. Alle drei Teilarbeiten wurden von mir als Erstautor geschrieben und nach entsprechenden Revisionen überarbeitet. Die Formalitäten und Logistik der Publikationsvorgänge lagen hauptsächlich in meiner Verantwortung.

2. Teilarbeit A

Pöhl, S. & Bogner, F.X. (2012)

Cognitive load and alternative conceptions in learning genetics: effects from provoking confusion

The Journal of Educational Research
(in press)

Der Artikel befindet sich im Journal of Educational Research *in press*.

Das Copyright gehört © 2012 Taylor & Francis.

Online verfügbar auf: <http://www.tandfonline.com/>

The article is *in press* in the Journal of Educational Research.

The copyright belongs to © 2012 Taylor & Francis.

Available online at: <http://www.tandfonline.com/>

Cognitive load and alternative conceptions in learning genetics: effects from provoking
confusion

Sabine Pöhl* and Franz X. Bogner

Didactics of Biology, University of Bayreuth, Germany

Author Note

Sabine Poehnl, Didactics of Biology, University of Bayreuth; Franz X. Bogner,
Didactics of Biology, University of Bayreuth.

Correspondence concerning this article should be send to Sabine Poehnl, Didactics
of Biology, University of Bayreuth, Universitätsstraße 30, NW1, 95440 Bayreuth,
Germany. E-mail: sabine.poehnl@uni-bayreuth.de

Cognitive load and alternative conceptions in learning genetics: effects from provoking confusion

Abstract

Only recently has cognitive load theory been applied in conceptual change approaches. To our knowledge, ours is the first study to examine the effects on students' cognitive load of an approach contrary to a refutation text design. We combined computer and textbook instruction with involving alternative conceptions (ACs) to instruct 398 9th graders. We determined the number of scientific conceptions learned within a pretest, posttest and retention test design while measuring the students' mental effort during the instruction.

The groups whose instruction involved ACs did not show any significant long-term increase in the number of scientific conceptions learned compared to the control group. The textbook instruction with ACs resulted in the students unnecessarily investing higher mental effort. Further research is needed to clarify the effect.

3. Teilarbeit B

Pöhnl, S. & Bogner, F.X. (2012)

A modified refutation text design: Effects on instructional efficiency for experts and novices

Educational Research and Evaluation
(submitted)

Der Artikel ist in Educational Research and Evaluation eingereicht.

© Taylor & Francis.

Online verfügbar auf: <http://www.tandfonline.com/>

Das Copyright gehört stets dem Verlag, in dem der Artikel publiziert wird.

The article is *submitted* in Educational Research and Evaluation.

© Taylor & Francis.

Available online at: <http://www.tandfonline.com/>

The copyright belongs to the publisher, where the article will be published.

A modified refutation text design: effects on instructional efficiency for experts and novices

Sabine Poehnl* and Franz X. Bogner

Didactics of Biology, University of Bayreuth, Germany

* Corresponding author. Didactics of Biology, University of Bayreuth, Universitätsstraße 30, NW1, 95447 Bayreuth, Germany. E-mail: sabine.poehnl@uni-bayreuth.de

Notes on Contributors:

Sabine Poehnl is a PhD student in the Department of Biology Education at the University of Bayreuth. Her main research concentrates on conceptual change and cognitive load theory.

Prof. Franz X. Bogner is the director of the Centre of Math and Science Education (Z-MNU) and Department Chair of Biology Education at the University of Bayreuth.

A modified refutation text design: effects on instructional efficiency for experts and novices

Recently, the cognitive load theory has been considered within conceptual change research. Although the effectiveness of refutation texts (RT) has been proven, the conceptual change process involved and the influencing factors remain unclear. We contribute to this research by investigating the efficiency of students working with a modified RT design (without explicitly contrasting alternative and scientific conceptions) in relation with the level of learner expertise. We investigated the efficiency based on the scientific conceptions learned and the mental effort (reflecting cognitive load) during instruction ($N=195$, 9th graders). Only students with high prior knowledge (experts) showed low efficiency and higher mental effort when dealing with alternative conceptions. To conclude, the experts did not profit from the mental effort they invested in the learning process. In contrast, the novices seemed to profit from their invested mental effort.

4. Teilarbeit C

Pöhl, S. & Bogner, F.X. (2012)

Learning with computer-based multimedia: Gender effects on efficiency

Journal of Educational Computing Research
(in press)

Der Artikel befindet sich im Journal of Educational Computing Research *in press*.

Das Copyright gehört © 2012, Baywood Publishing Co., Inc.

Online verfügbar auf: <http://baywood.com>

The article is *in press* in the Journal of Educational Computing Research.

The copyright belongs to © 2012, Baywood Publishing Co., Inc.

Available online at: <http://baywood.com>

Abstract

Up to now, only a few studies in multimedia learning have focused on gender effects. While research has mostly focused on learning success, the effect of gender on instructional efficiency (IE) has not yet been considered. Consequently, we used a quasi-experimental design to examine possible gender differences in the learning success, mental effort, and IE of college preparatory school students ($N = 218$, German 9th graders; 93 young men, 125 young women). We established three groups: a treatment group (computer-based learning unit, CBLU), a control group (textbook-based version, TBLU), and an external control group (no instruction). The subject taught was genetically produced insulin. We applied a pretest-posttest-retention test design. We used the long-term cognitive achievement and the mental effort invested during the retention test phase to examine the IE. Young women and young men differed in IE with a small effect size, with the young women achieving significantly higher long-term learning success. Our results indicate that the applied instructional design of the CBLU seems particularly beneficial for young women's cognitive achievement.

Sabine Pöhl* and Franz X. Bogner

Didactics of Biology, University of Bayreuth, Germany

* Corresponding author: Sabine Pöhl, Centre of Math & Science Education (Z-MNU),

Didactics of Biology, University of Bayreuth, University Campus, NW1, D-95447

Bayreuth, Germany.

Phone number: 0049921-552592, Fax number: 0049921-552696, E-mail:

sabine.poehnl@uni-bayreuth.de

F. Anhang

1. Textbuch

Die folgende Textbuchversion (Gruppe I-3) enthält die verfassten Einleitungstexte sowie die jeweiligen Fragen zu den schülereigenen Vorstellungen. Für die Textbuchversion für Gruppe I-4 (ohne Bearbeitung von Schülervorstellungen) wurden lediglich die Einleitungstexte sowie die Fragen entfernt. Notwendige Formatierungen wurden ebenfalls vorgenommen.

Ferner enthält diese Version eine Nummerierung der verwendeten Bilder (siehe Abschnitt: Bilder).

Hinweis: Für die Publikation der Unterrichtsmaterialien in dieser Dissertationschrift wurden Illustrationen aus urheberrechtlichen Gründen entfernt und durch Platzhalter ersetzt. Inhaltlich wurden keine Veränderungen vorgenommen.

Wie wird das Medikament Insulin für den Diabetiker hergestellt?

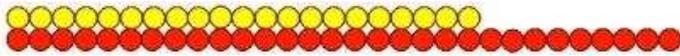
Mit diesem Informationsbuch kannst du die Antwort auf diese Frage herausfinden. Die ersten Seiten in deinem Arbeitsheft beschreiben dir, wie damit gearbeitet werden soll.

Viel Spaß beim Forschen!!!

1 Insulinpen zum Spritzen angesetzt

Insulin – ein wichtiges Hormon

Kapitel 1

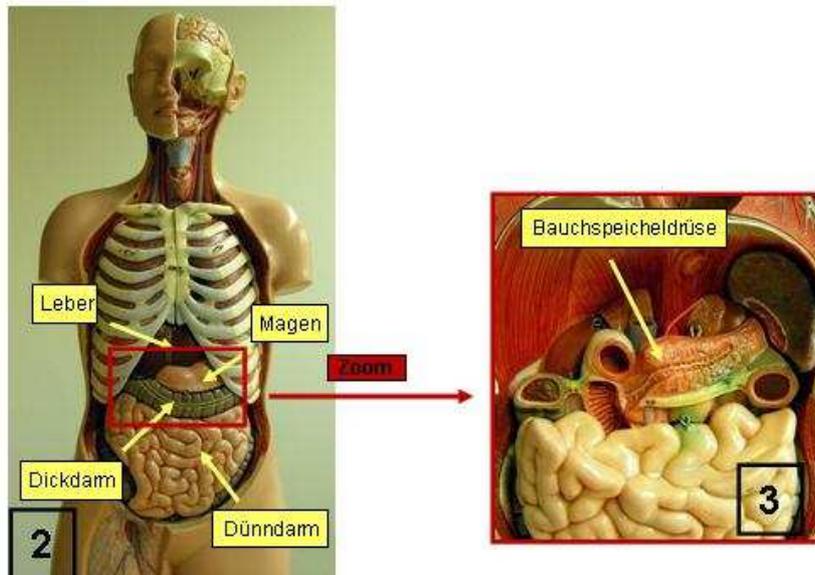


● } Aminosäuren
●

Insulin

Dieses Proteinhormon besteht aus 51 Aminosäuren.

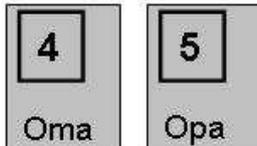
Das Hormon Insulin wird in der Bauchspeicheldrüse gebildet. Zusammen mit seinem Gegenspieler Glukagon reguliert es den Blutzuckerspiegel. Nach einer kohlenhydrathaltigen Mahlzeit gelangt die aufgenommene Glukose in den Blutkreislauf, wodurch der Blutzuckerspiegel steigt. Insulin wird nun von der Bauchspeicheldrüse ins Blut abgegeben. Es sorgt für die Aufnahme der Glukose aus dem Blut in die verschiedenen Körperzellen. Dadurch sinkt der Blutzuckerspiegel wieder.



Diabetes mellitus – die Zuckerkrankheit

Kapitel 1

Bei dieser Krankheit liegt eine Störung der Regulation des Blutzuckerspiegels vor. Diabetes mellitus wird in zwei Typen (**Typ I** und **Typ II**) unterschieden.



Diabetes mellitus Typ II (Alterszucker,) tritt meist im Alter zwischen 50 und 60 Jahren auf. Es ist ausreichend Insulin im Körper vorhanden, es kann jedoch nicht mehr richtig wirken.



Im Gegensatz hierzu tritt **Diabetes mellitus Typ I** bereits im Kindes- und Jugendalter auf. Die Bauchspeicheldrüse kann kein Insulin mehr produzieren. Im Körper herrscht somit ein Mangel an Insulin.

Folge: Die Glukose aus den Mahlzeiten kann von den Körperzellen nicht mehr vollständig aufgenommen werden.

Wie sieht die Behandlung des Diabetes mellitus Typ I aus?

Behandlung von Diabetes mellitus Typ I

Das fehlende Insulin muss mehrmals am Tag gespritzt werden. Zusätzlich muss der Diabetiker einen Diätplan einhalten.



8

Die modernen Spritzen sehen Stiften sehr ähnlich und sind sehr leicht in der Handhabung.



9

3

Woher stammt das Insulin in den Spritzen?

Woher stammt das Insulin in den Spritzen?**Kapitel 1****Vor 1982**

Vor 1982 verwendete man Rinder- und Schweineinsulin. Es wurde aus Bauchspeicheldrüsen von Schlacht-tieren aufgereinigt. Für die ausreichende Versorgung eines Diabetikers mit Insulin wurden pro Jahr 50 Drüsen benötigt.

10 zwei Ferkel

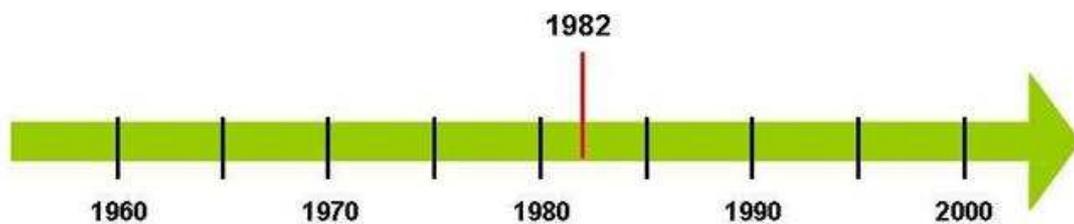
11 Kuh

Heute

Heute wird das meiste Insulin mithilfe gentechnisch veränderter Bakterien produziert. Es handelt sich dabei um menschliches Insulin. Dazu benötigt man das Insulin-Gen aus menschlichen Zellen.



12



Das Insulin-Gen**Kapitel 1**

Bevor das Insulin-Gen betrachtet wird, soll zunächst der Begriff Gen allgemein geklärt werden.

Ein Gen - was ist das?

Manche Leute setzen Gene mit Eigenschaften wie der Augen- oder Haarfarbe, die man an seine Kinder vererbt, gleich. Manche stellen sich unter einem Gen auch eine Zelle vor, die Erbinformationen beinhaltet.

?

Was stellst du dir unter einem Gen vor?

13

**Schreibe deine Vorstellung ins Arbeitsheft.
Erst danach umblättern ☺ !**

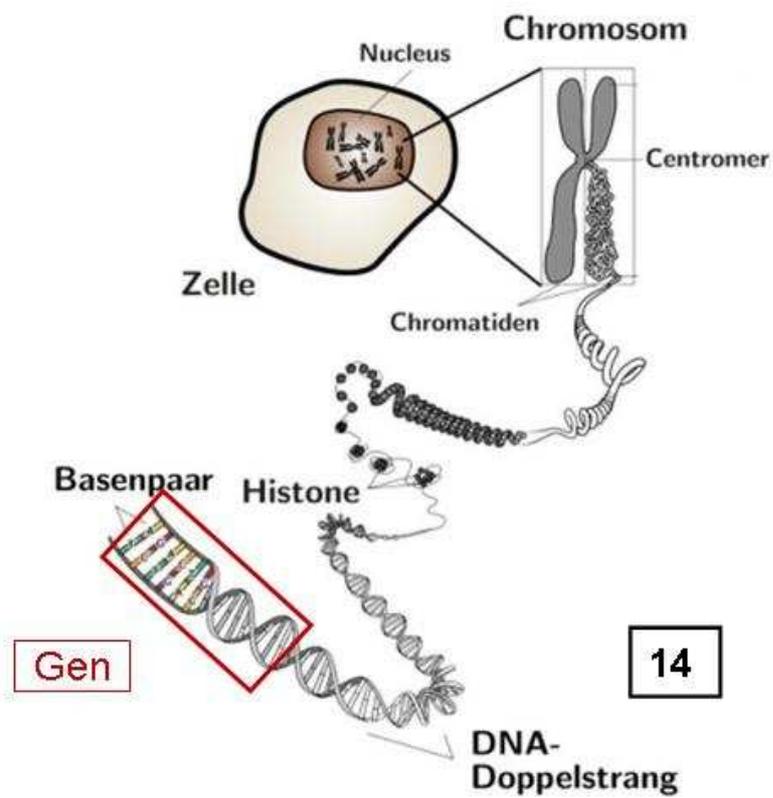
Das Insulin-Gen

Kapitel 1

Biologen sprechen von einem Gen...

...als einem bestimmten DNA-Abschnitt auf einem Chromosom, der eine Erbanlage darstellt. In diesem DNA-Abschnitt ist die Erbinformation gespeichert. Eines oder mehrere Gene bestimmen die Ausbildung eines bestimmten Merkmals z.B. der Haarfarbe.

Das Insulin-Gen trägt also die bestimmte Erbinformation zur Herstellung des Protein hormons Insulin.



Von der Genetik zur Gentechnik**Kapitel 2**

Als Grundlage der Methoden der Gentechnik dient das Wissen der Genetik. Um diese Methoden zu verstehen, ist es somit wichtig, grundlegende Prozesse der Genetik zu verstehen, zum Beispiel 'Vererbung von Eigenschaften', 'Übertragung von Erbgut' und 'Veränderung von Erbgut'.

Vererbung von Eigenschaften - was ist das?

Sicher habt ihr schon Sätze gehört wie: 'Die Augenfarbe hast du von deiner Mutter geerbt.' oder: 'Mein Talent beim Fußballspielen habe ich von meinem Vater geerbt.' Aber vererben wir wirklich Eigenschaften, Talente oder Verhaltensweisen?

?

Was stellst du dir unter der Vererbung von Eigenschaften vor?

**Schreibe deine Vorstellung ins Arbeitsheft.
Erst danach umblättern 😊!**

In der Biologie..

... sollte man mit diesen Aussagen vorsichtig sein. Eltern geben Chromsomen mit ihrer DNA (Erbgut mit Erbanlagen) an die Kinder weiter. Die Erbanlagen (Gene) sind Träger der Erbinformationen. Bei der Vererbung werden also Erbinformationen an die Kinder weitergegeben, die zur Ausbildung ähnlicher Eigenschaften führen können.

Wie sieht das Erbgut von Bakterien aus?

Das Bakterien-Erbgut

Kapitel 2

Das Bakterien-Erbgut - was ist das?

Wenn man von Bakterien hört, denken viele Leute sofort an Krankheiten. Manche Leute wissen auch, dass Bakterien in unserem Körper, z.B. im Darm vorkommen. Manche wissen, dass Erbgut mit Vererbung zu tun hat. Können Krankheiten durch das Bakterien-Erbgut an unsere Nachkommen weitergegeben werden? Oder können gar Bakterien an Kinder vererbt werden?

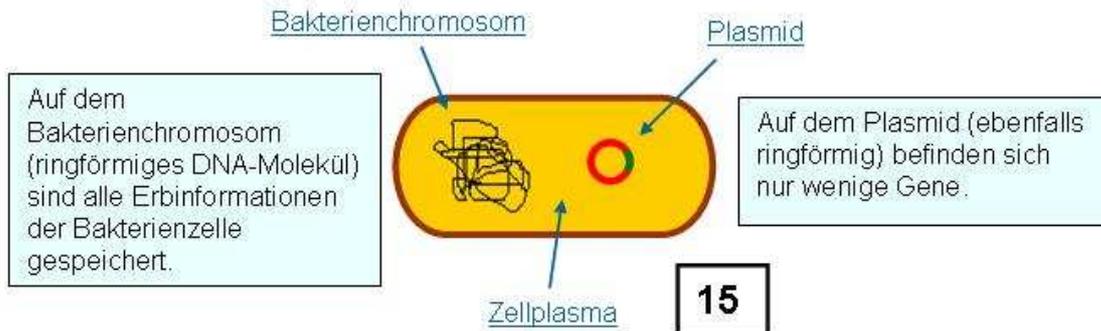
?

Was stellst du dir unter dem Bakterien-Erbgut vor?

Schreibe deine Vorstellung ins Arbeitsheft.
Erst danach umblättern 😊!

In der Biologie versteht man unter dem Begriff Bakterien-Erbgut...

...das Erbgut in einer Bakterienzelle. Bakterien besitzen keinen Zellkern. Ihr Erbgut liegt frei im Zellplasma vor. Neben dem einzelnen Bakterienchromosom besitzen sie meistens zusätzlich ein oder mehrere Plasmide. Es gibt auch Bakterien, die kein Plasmid tragen.



Kapitel 2

Übertragung von Erbgut - was ist das?

Bedeutet dies vielleicht, dass Eigenschaften in einer Familie immer wieder auf die nächste Generation übertragen werden?

Oder bedeutet es, dass der Vater sein Erbgut während des Geschlechtsverkehrs überträgt und damit an seine Kinder weitergibt?

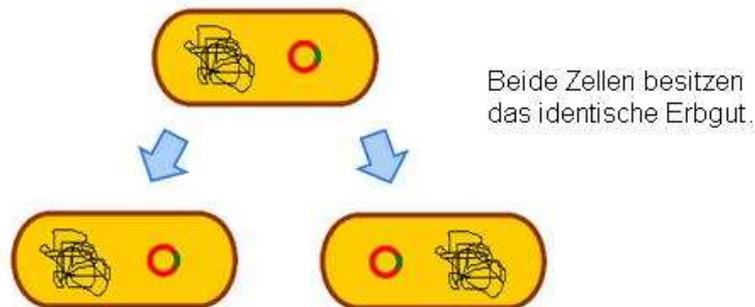
?

Was stellst du dir unter der Übertragung von Erbgut vor?

Schreibe deine Vorstellung ins Arbeitsheft.
Erst danach umblättern ☺ !

Biologen sprechen...

...bei der Zellteilung von der Übertragung von Erbgut (gesamte DNA in einer Zelle). Hier wird das, zuvor verdoppelte, Erbgut an die Tochterzelle weitergegeben. Beide Zellen besitzen nach der Zellteilung das vollständige und identische Erbgut. Zum Beispiel vermehren sich Bakterien durch Zellteilung.

Zellteilung einer Bakterienzelle

Kapitel 2**Veränderung von Erbgut - was ist das?**

Darunter stellen sich manche sofort Umwelteinflüsse, wie z.B. Strahlungen, die das Erbgut schädigen können, vor. Andere denken an veränderte Eigenschaften der Kinder, wie z.B. unterschiedliche Augenfarbe im Vergleich zu den Eltern. Kommen diese unterschiedlichen Eigenschaften der Kinder zustande, weil sich das Erbgut bei der Weitergabe durch die Eltern verändert hatte?

?

Was stellst du dir unter der Veränderung von Erbgut vor?

**Schreibe deine Vorstellung ins Arbeitsheft.
Erst danach umblättern ☺ !**

Biologen sprechen...

...von der Veränderung von Erbgut als einem Prozess, der durch äußere oder innere Einflüsse hervorgerufen wird.

Beispiele:

Innere Einflüsse: Fehler während der DNA-Verdopplung

Äußere Einflüsse: UV-Licht, radioaktive Strahlung

Vorsicht: Die Veränderung des Erbgutes muss nicht immer zum Nachteil für ein Lebewesen sein. Es ist nicht immer eine Schädigung.

Gentechnik**Kapitel 2****Gentechnik - was ist das?**

Viele Leute haben sich ihre Vorstellungen über die Gentechnik durch Berichte in den Medien gebildet. Manche denken dabei sofort an das Klonen von Lebewesen. Andere stellen sich unter der Gentechnik die künstliche Herstellung von Pflanzen oder Tieren mit veränderten und damit verbesserten Eigenschaften vor.

?

Was stellst du dir unter der Gentechnik vor?

Schreibe deine Vorstellung ins Arbeitsheft.
Erst danach umblättern 😊 !

In den Naturwissenschaften fasst man unter dem Begriff Gentechnik...

..Methoden zur Isolierung, Veränderung und anschließender Übertragung von Genen zusammen.

Da diese Erklärung schwer vorstellbar ist, werden hier zwei Beispiele kurz gegenübergestellt. Eine Methode wird oft falsch der Gentechnik zugeordnet.

Gentechnik**Produktion von Insulin durch Bakterien**

Das menschliche Insulin-Gen wird isoliert. Anschließend wird es mit einem Plasmid verbunden. Das Insulin-Gen wird durch das Plasmid in Bakterien übertragen. Dadurch wurde das Erbgut der Bakterien gentechnisch verändert.

Folge: Gentechnisch veränderte Bakterien produzieren Insulin

Wie das gemacht wird, wird in den nächsten beiden Kapiteln gezeigt.

Keine Gentechnik**Klonen von Säugetieren (Schaf Dolly)**

Einem Schaf wird eine Eizelle entnommen und deren Zellkern entfernt. In diese Eizelle wird ein Zellkern einer Körperzelle eines weiteren Schafes transplantiert. Aus der Eizelle entwickelt sich ein Embryo. Der Embryo wird von einem dritten Schaf ausgetragen. Das geborene Schaf Dolly ist ein Klon zu dem Schaf, das den Zellkern einer Körperzelle gespendet hat. Das Erbgut des Schafes wurde nicht verändert.

Hier kannst du sehen wie das gemacht wird.

Schematische Darstellung:
Klonen eines Schafes, nach den links beschriebenen Schritten

16

Was ist ein Klon?

16

Klon**Kapitel 2****Ein Klon - was ist das?**

Der Begriff Klon tritt manchmal in Science-Fiction-Filmen auf. Hier werden manchmal künstlich Kopien von Menschen oder anderen Lebewesen, die gleich aussehen und gleiche Eigenschaften besitzen, geschaffen. Soll man sich also unter einem Klon ein nachgebautes Lebewesen aus dem Labor vorstellen?

?

Was stellst du dir unter einem Klon vor?

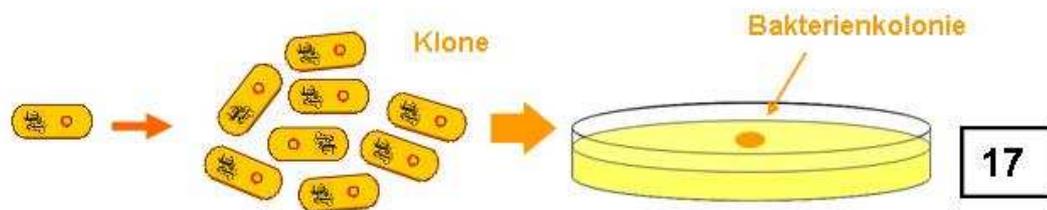
Schreibe deine Vorstellung ins Arbeitsheft.
Erst danach umblättern ☺ !

Biologen definieren den Begriff Klon als eine...

...erblich (genetisch) identische Kopie eines Lebewesens.

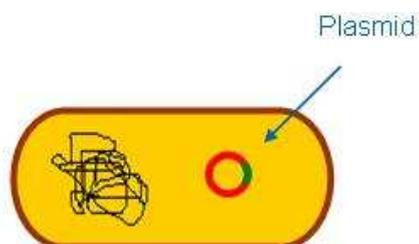
Beispiele:

- Dolly und das Schaf, das Körperzelle gespendet hat
- Nachkommen einer Bakterienzelle in einer Kolonie: Bakterien vermehren sich durch Zellteilung. Lässt man Bakterien in einer Petrischale wachsen, bleiben die Tochterzellen nebeneinander liegen. Diese sichtbare Zellanhäufung nennt man Kolonie.

Bakterien

In diesem Kapitel werden die einzelnen Komponenten, die für die gentechnische Produktion des Medikaments Insulin notwendig sind, erklärt.

Das Bakterien-Erbgut hast du bereits in Kapitel 2 kennengelernt. Neben dem Bakterienchromosom enthalten viele Bakterien ein bis mehrere Plasmide.



Wir wollen uns nun so ein Plasmid näher ansehen.

Plasmid

Kapitel 3

Bestimmte Gene auf dem Plasmid verschaffen dem Bakterium einen entscheidenden Überlebensvorteil. Dies sind z. B. Antibiotikaresistenzgene. Ein Plasmid kann ein oder mehrere Antibiotikaresistenzgene beinhalten. Es gibt auch Plasmide, die keine Antibiotikaresistenzgene tragen.



Wie sieht dieser Überlebensvorteil aus?

Überlebensvorteil für Bakterien durch Antibiotikaresistenz

In einem Versuch lässt man zwei Bakterienkulturen unter gleichen Bedingungen in Petrischalen wachsen. In beiden Petrischalen ist das gleiche Antibiotikum enthalten.

Bakterium 1

Bakterium trägt Plasmid mit Antibiotikaresistenzgen



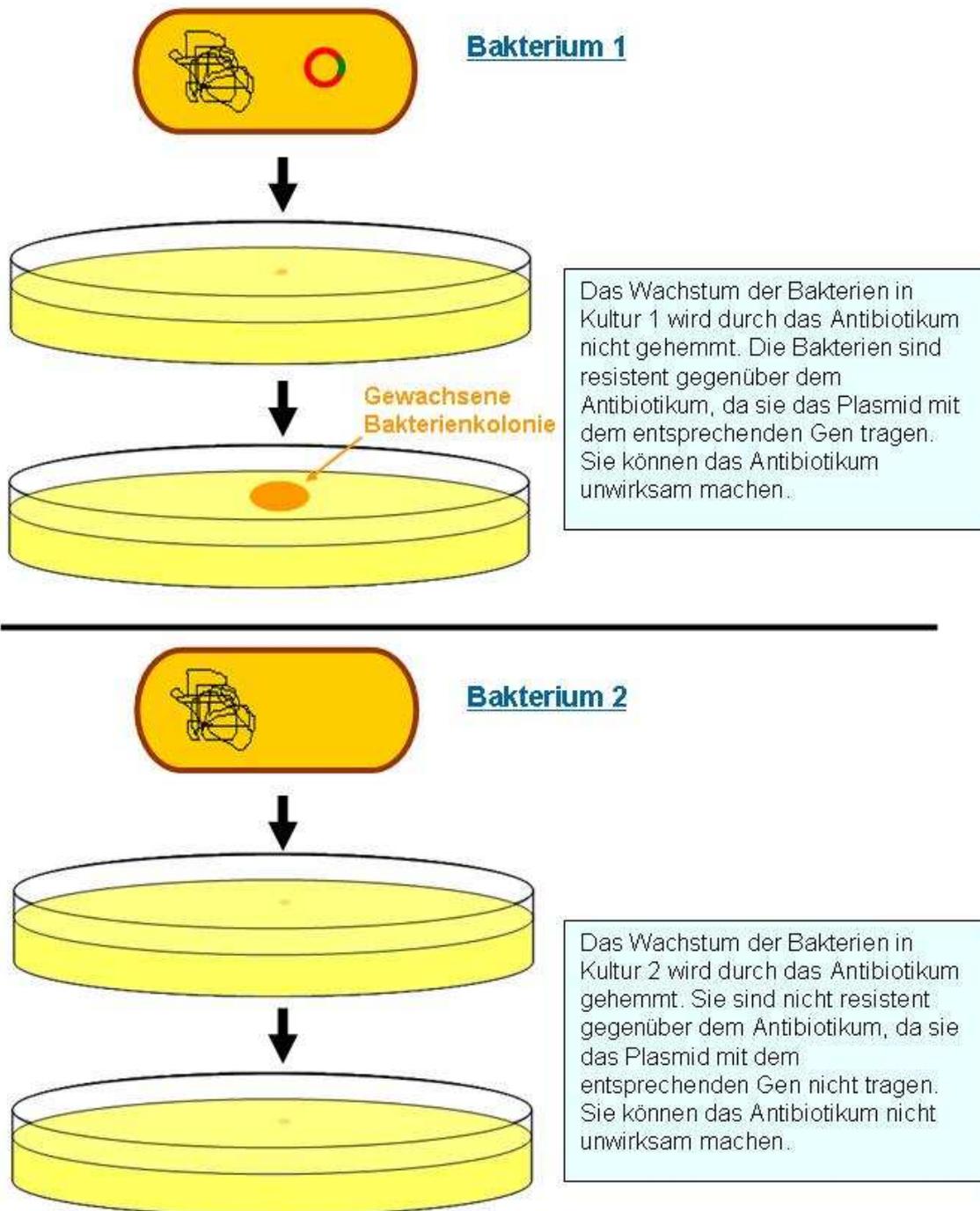
Bakterium 2

Bakterium trägt kein Plasmid



19

Überlebensvorteil für Bakterien durch Antibiotikaresistenz



Plasmide im Labor**Kapitel 3**

Im Labor, bzw. der Gentechnik, können Plasmide aus Bakterien isoliert, mit anderen DNA-Abschnitten neu kombiniert und anschließend wieder in Bakterienzellen eingeschleust werden.

Genauer gesagt können die Bakterienzellen das veränderte Plasmid wieder aufnehmen. Diesen Vorgang nennt man Transformation.

Das Plasmid, in der Gentechnik als Vektor bezeichnet, dient hier als Transportsystem für einen bestimmten DNA-Abschnitt (z.B. das Insulin-Gen). Für die Neu-Kombination von Plasmid und anderen DNA-Abschnitten werden verschiedene Enzyme benötigt.

Gene zur Übertragung des Plasmids auf andere Bakterien werden im Labor entfernt. Man will verhindern, dass Bakterien, wenn sie in die Umwelt gelangen, das neue Plasmid an andere Bakterien weitergeben können.

Was ist ein Enzym?**Ein Enzym - was ist das?**

Sind Enzyme vielleicht so etwas wie Hormone, die man mit Tabletten zu sich nehmen kann?

Oder sind Enzyme vielleicht bestimmte Teile des Erbgutes?

?

Was stellst du dir unter einem Enzym vor?

**Schreibe deine Vorstellung ins Arbeitsheft.
Erst danach umblättern ☺ !**

Biologen definieren Enzyme als Stoffe, die...

...eine chemische Reaktion auslösen bzw. ermöglichen (katalysieren).

Beispiel:

Die Restriktionsenzyme erkennen einen bestimmten Abschnitt auf der DNA und trennen an einer bestimmten Stelle im DNA-Doppelstrang Zucker- und Phosphatmoleküle.

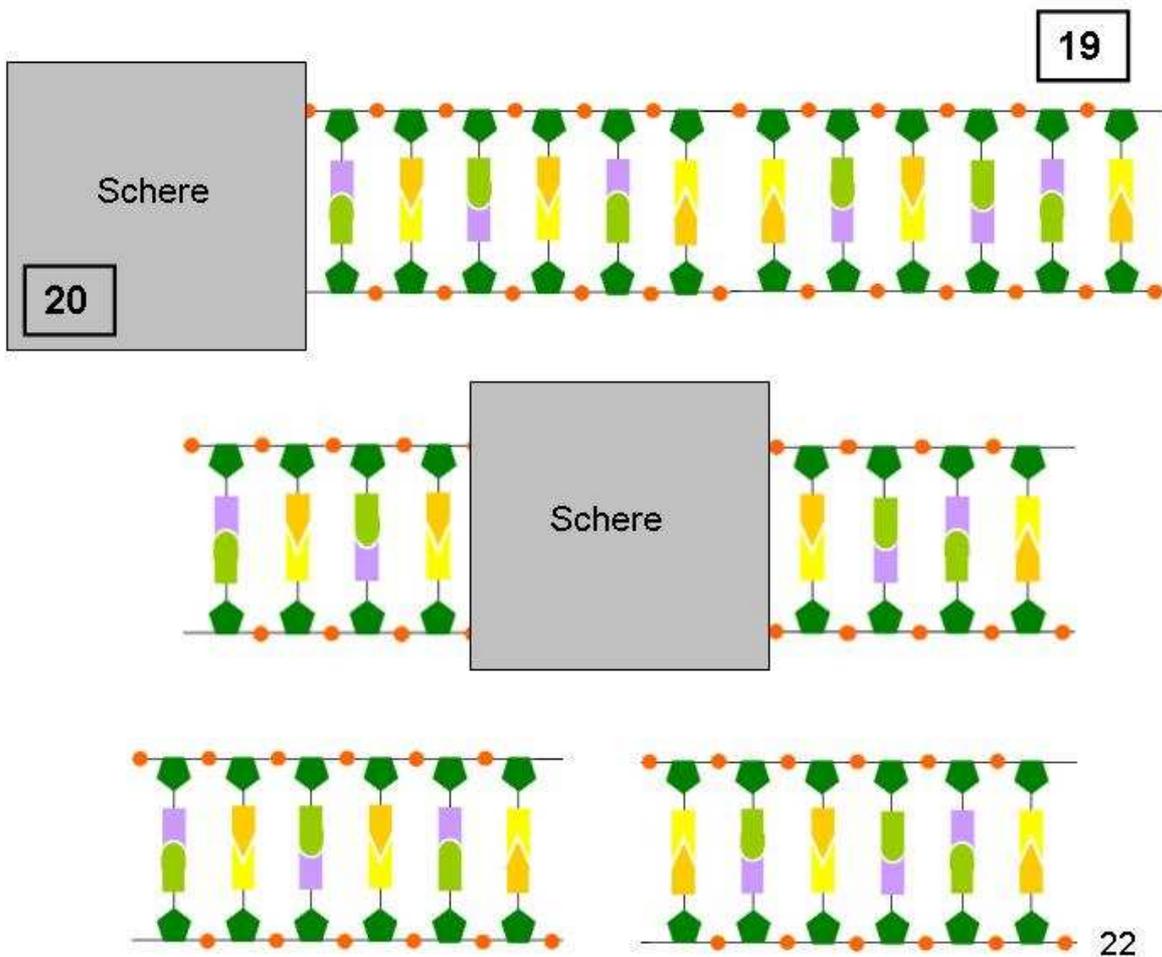
Basen: Adenin, Cytosin, Guanin, Thymin



Zucker:



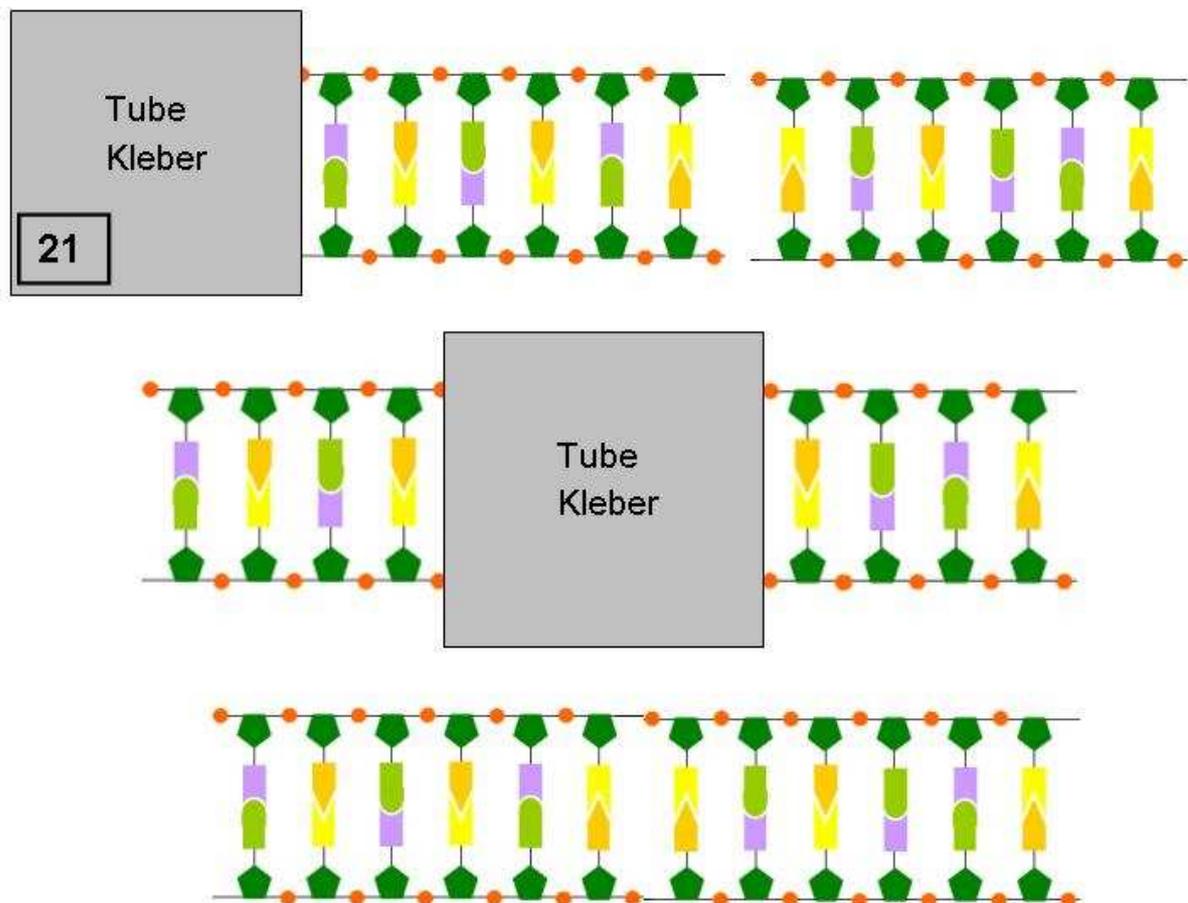
Phosphat:



Verwendung von Enzymen in der Gentechnik

Kapitel 3

Restriktionsenzyme werden in der Gentechnik als 'molekulare Scheren' verwendet. DNA-Moleküle unterschiedlicher Herkunft, die mit dem gleichen Restriktionsenzym geschnitten wurden, können wieder miteinander verbunden werden. Diese chemische Reaktion wird von einem Enzym Namens Ligase ermöglicht.

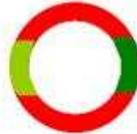


23

Ablauf der gentechnischen Produktion von Insulin

In Kapitel 3 hast du ja schon die einzelnen Komponenten kennengelernt.

Das Plasmid: in diesem Fall mit den zwei intakten Antibiotikaresistenzgenen A und B



Bakterien:



Enzyme:
Restriktionsenzyme
und Ligase

Schere

Tube
Kleber

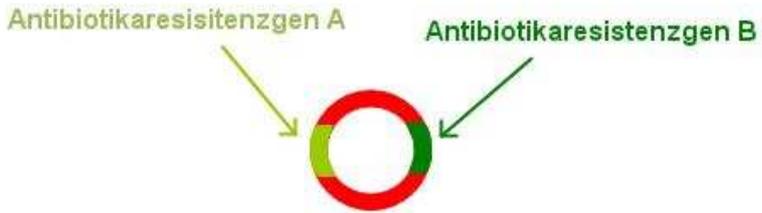
Die folgenden Bildfolgen zeigen wie diese Komponenten zur Herstellung gentechnisch veränderter Bakterien, die das Insulin produzieren, verwendet werden.

Isolierung von Plasmiden aus Bakterien (1/6)

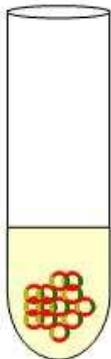


Die restlichen Bestandteile der Bakterienzellen werden nicht mehr gebraucht und entsorgt.

Isolierung von Plasmiden aus Bakterien (1/6)



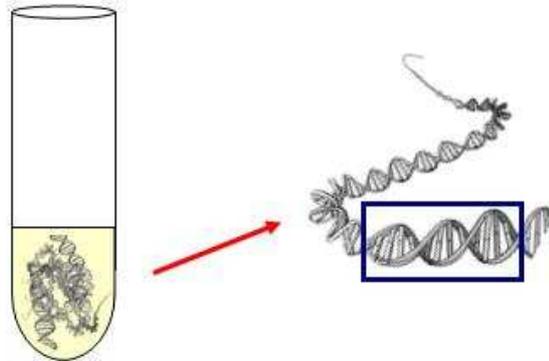
23



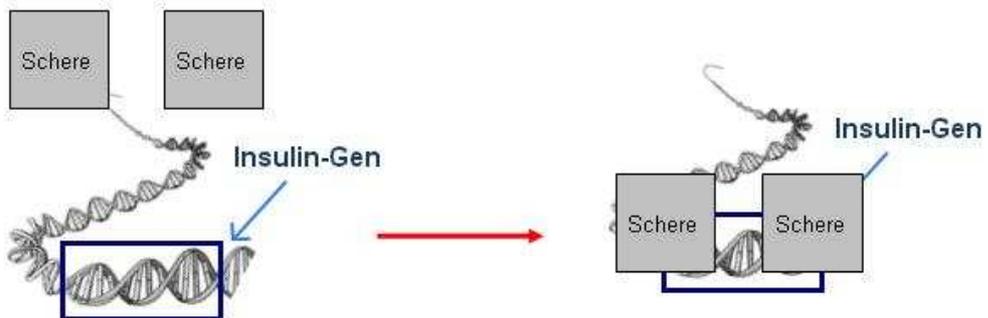
Die isolierten Plasmide besitzen die beiden Antibiotikaresistenzgene A und B.

Mit den isolierten Plasmiden wird im Folgenden weitergearbeitet.

Isolierung des menschlichen Insulin-Gens (2/6)

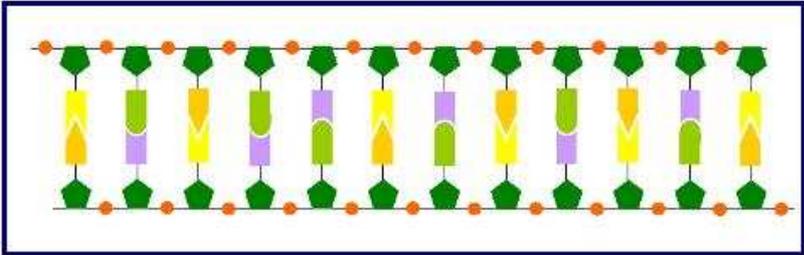


Isolierte und bearbeitete DNA aus menschlichen Zellen.



Der DNA-Abschnitt mit dem Insulin-Gen wird mithilfe von Restriktionsenzymen ausgeschnitten.

Isolierung des menschlichen Insulin-Gens (2/6)



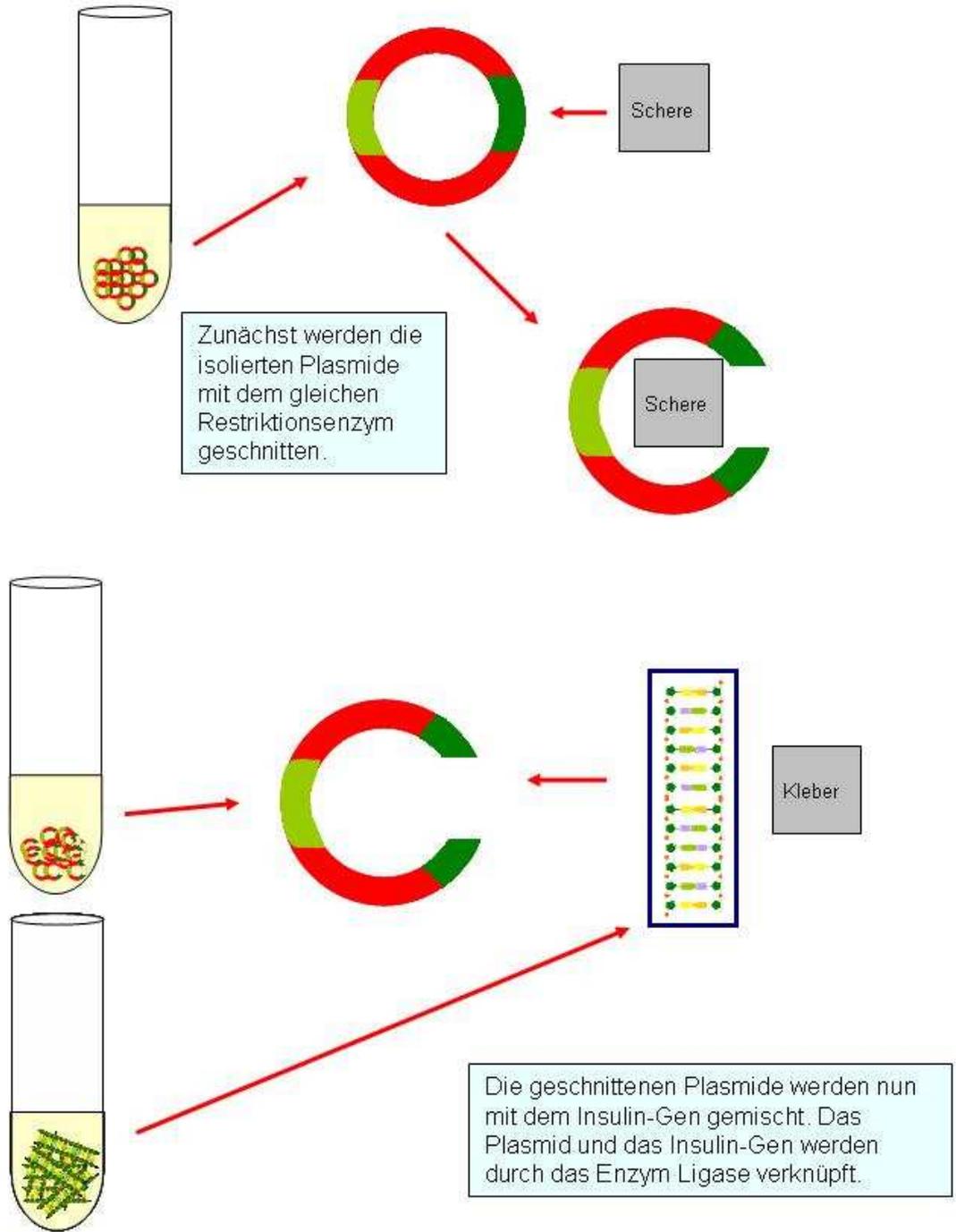
DNA-Abschnitt mit Insulin-Gen



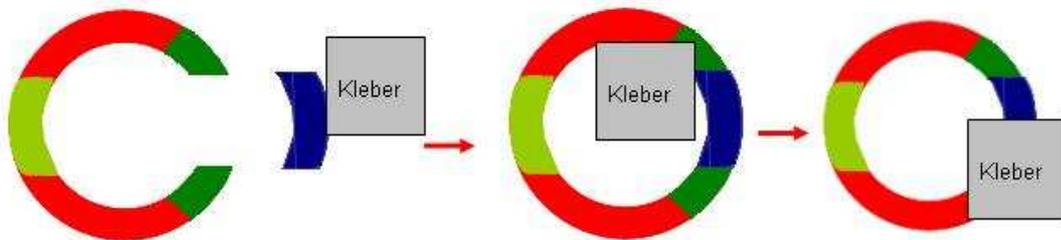
Mit den DNA-Abschnitten mit dem Insulin-Gen wird im nächsten Schritt weitergearbeitet.

Kapitel 4

Verknüpfung von Plasmid und Insulin-Gen (3/6)



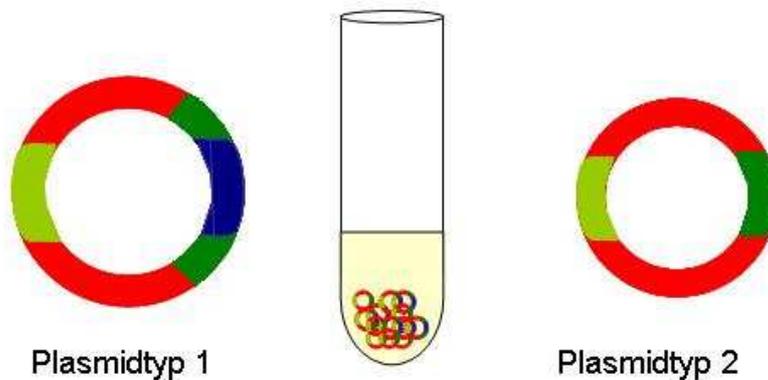
Verknüpfung von Plasmid und Insulin-Gen (3/6)



Vorsicht: Viele Plasmide werden mit vielen Insulin-Gen Abschnitten gemischt. Nicht immer finden Plasmid und DNA-Abschnitte (Insulin-Gen) zusammen. Es kann passieren, dass die Ligase ein Plasmid wieder schließt. Damit ergeben sich zwei Plasmidtypen.

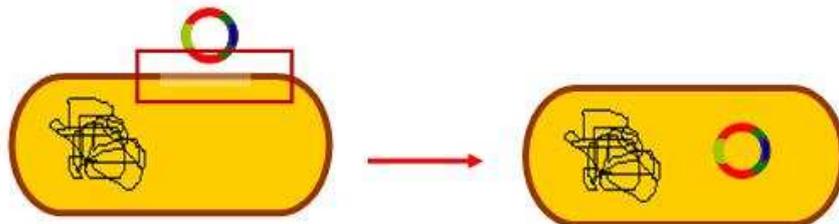
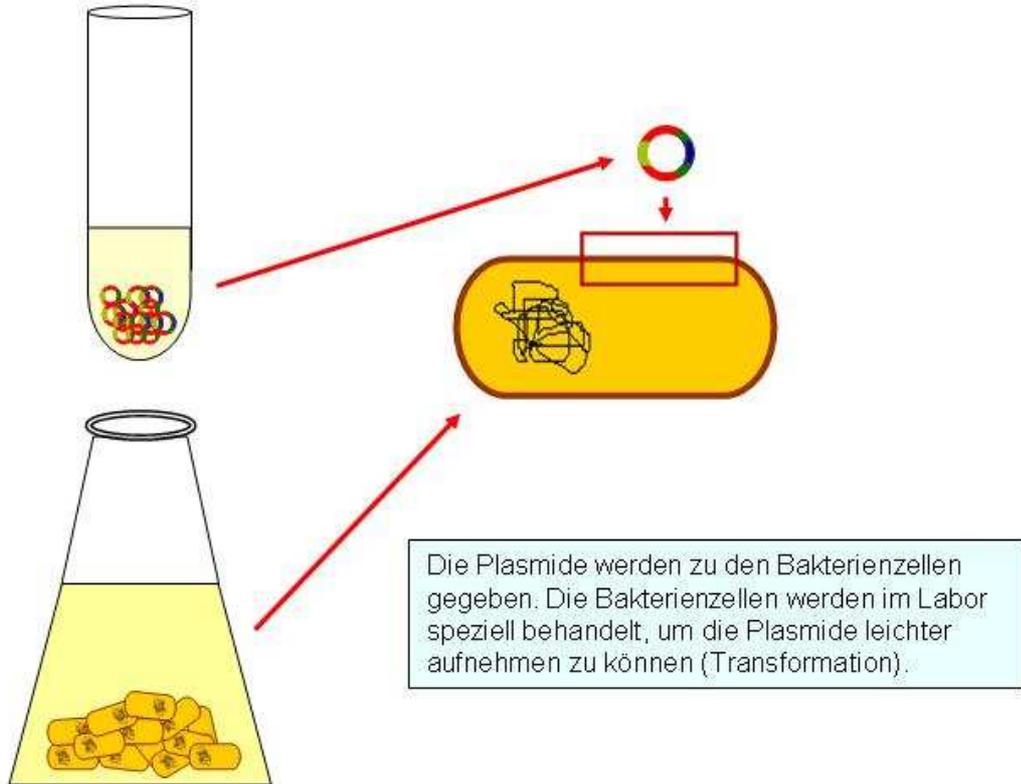
- Manche Plasmide haben das Insulin-Gen aufgenommen (Plasmidtyp 1).
- Manche Plasmide haben das Insulin-Gen nicht aufgenommen (Plasmidtyp 2).

Sie können im Gemisch nicht voneinander unterschieden werden.



Mit diesem Gemisch verschiedener Plasmidtypen wird im nächsten Schritt weitergearbeitet.

Transformation von Bakterienzellen (4/6)

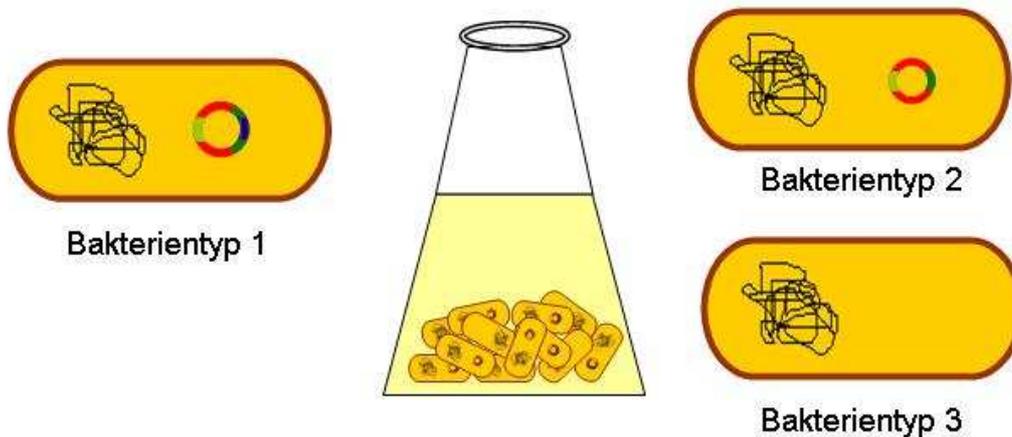


Transformation von Bakterienzellen (4/6)

Vorsicht: Es gab zwei verschiedene Plasmidtypen. Aber es gibt drei verschiedene Bakterientypen.

- Manche Bakterien haben das Plasmid mit dem Insulin-Gen aufgenommen (Bakterientyp 1).
- Manche Bakterien haben das Plasmid ohne Insulin-Gen aufgenommen (Bakterientyp 2).
- Manche Bakterien haben kein Plasmid aufgenommen (Bakterientyp 3).

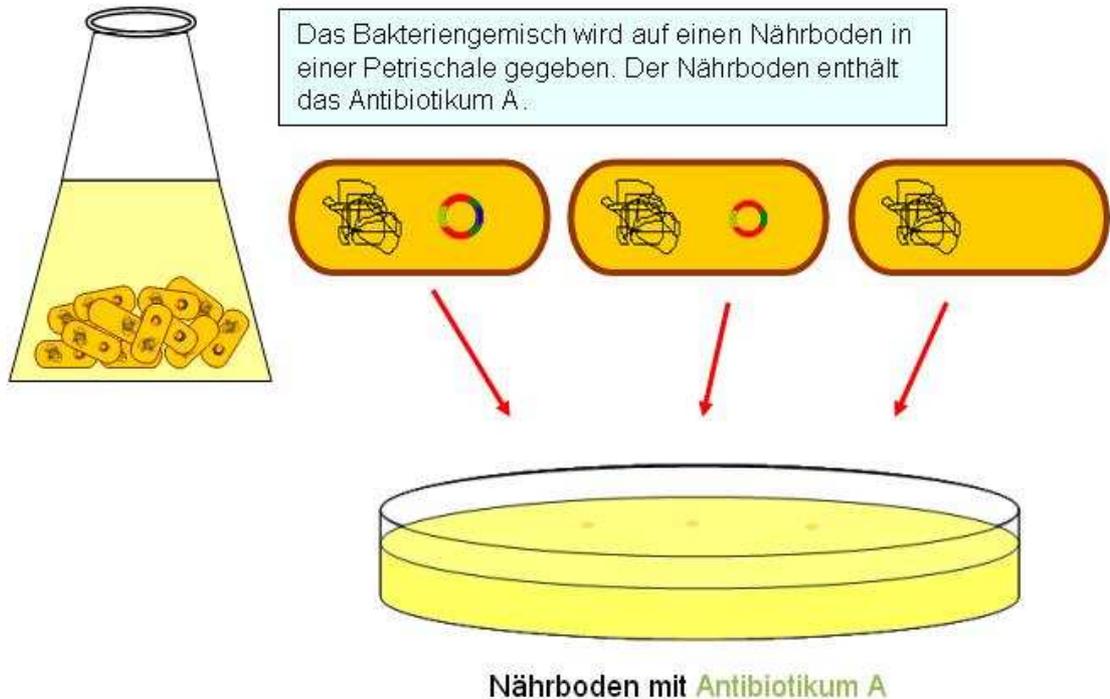
Damit gibt es drei verschiedene Typen Bakterien. Diese können ebenfalls im Gemisch nicht voneinander unterschieden werden.



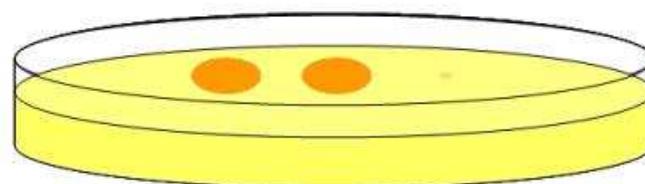
Mit diesem Gemisch von Bakterien wird im nächsten Schritt weitergearbeitet.

Kapitel 4

Wachstum der Bakterien und die Stempeltechnik (5/6)



Nur die beiden Bakterientypen, die ein Plasmid (mit intaktem Antibiotikaresistenzgen A) aufgenommen haben, können in der Petrischale wachsen und somit Kolonien bilden. Bakterien ohne Plasmid können hier nicht wachsen.



Nährboden mit Antibiotikum A

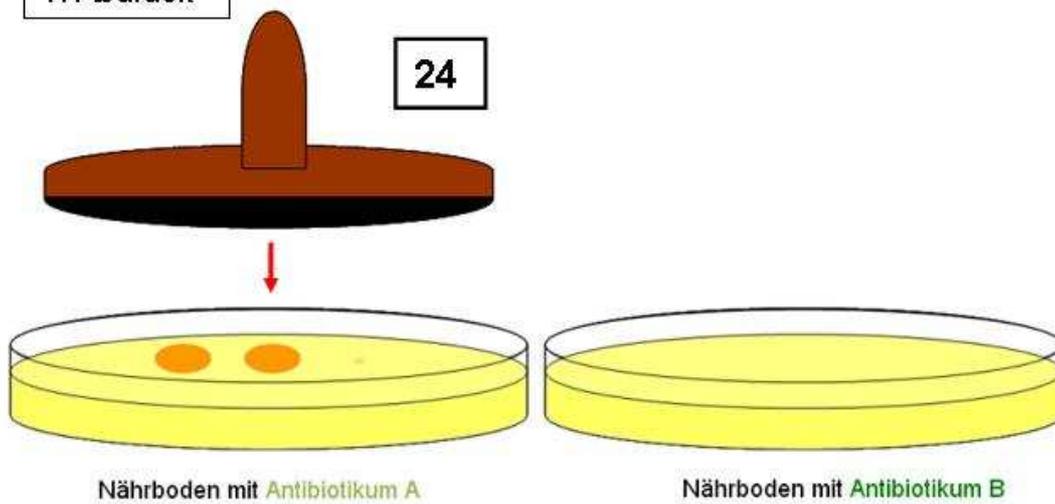
33

Wachstum der Bakterien und die Stempeltechnik (5/6)

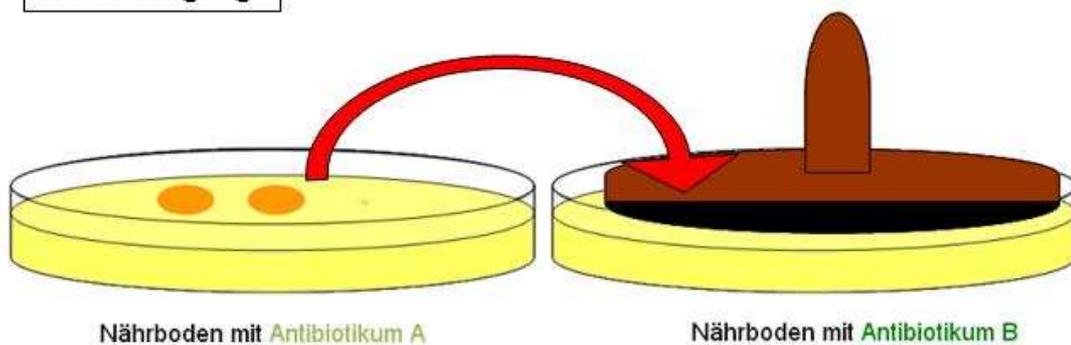
Um die gewachsenen Bakterienkolonien unterscheiden zu können verwendet man die Stempeltechnik.

Stempeltechnik: Die Anordnung von Bakterienkolonien auf einem Nährboden wird durch einen Samtstempel auf einen anderen Nährboden übertragen. In diesem Fall enthält der erste Nährboden das Antibiotikum A und der zweite Nährboden das Antibiotikum B.

1. Abdruck



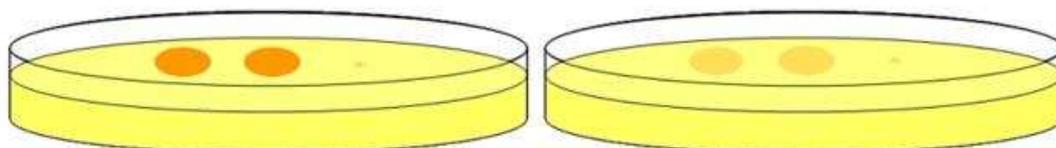
2. Übertragung



Kapitel 4

Wachstum der Bakterien und die Stempeltechnik (5/6)

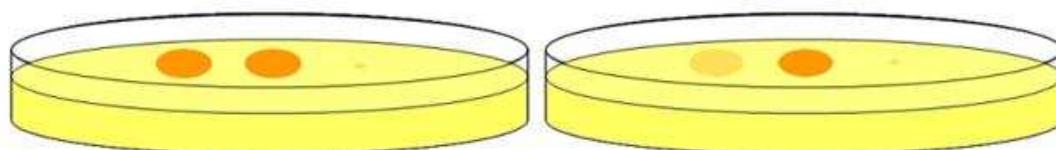
3. Wachstum



Nährboden mit Antibiotikum A

Nährboden mit Antibiotikum B

4. Ergebnis



Nährboden mit Antibiotikum A

Nährboden mit Antibiotikum B

Warum wächst auf dem Nährboden mit dem Antibiotikum B nur eine der beiden Kolonien? Kannst du das erklären?

Die Antwort erfährst du im nächsten Schritt.

Kapitel 4

Wie finde ich die Bakterien, die das Plasmid mit dem Insulin-Gen aufgenommen haben? (6/6)

Hierzu vergleicht man die beiden Petrischalen aus dem vorherigen Schritt. Kolonie 1 (Bakterientyp 1) wächst nicht auf dem Nährboden mit Antibiotikum B. Die Bakterien in dieser Kolonie können das Antibiotikum B nicht mehr unwirksam machen.

Warum?



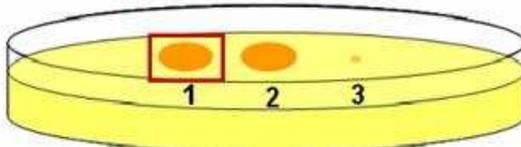
Bakterientyp 1



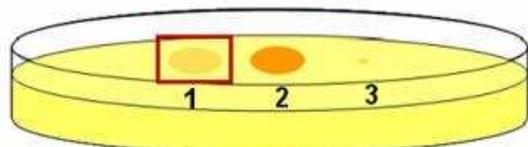
Bakterientyp 2



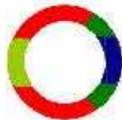
Bakterientyp 3



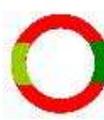
Nährboden mit Antibiotikum A



Nährboden mit Antibiotikum B



Die Bakterien (Bakterientyp 1) in Kolonie 1 haben das Plasmid mit dem Insulin-Gen aufgenommen. Dadurch wurde das Antibiotikaresistenzgen B zerstört.



Bei Plasmiden ohne Insulin-Gen ist das Antibiotikaresistenzgen B in Ordnung.

Mit Bakterienkolonie 1 wird nun weitergearbeitet.

Fermentation und Co**Kapitel 4**

Auf den vorherigen Seiten hast du gelernt, wie man die gewünschte Bakterienkolonie (Kolonie 1) findet, also die Bakterien, die das Insulin produzieren können (Bakterientyp 1). Hier folgen weitere Schritte in der industriellen Produktion des Medikaments.

Um das Insulin in sehr großen Mengen zu erhalten, werden die entsprechenden Bakterien in einem Fermenter kultiviert.

Ein Fermenter ist ein Bioreaktor, also eine Art Rührkessel. In ihm herrschen optimale Wachstumsbedingungen zur Vermehrung der Bakterien. Dabei produzieren die Bakterien das Insulin in großen Mengen.

Anschließend folgen Reinigungsschritte. Zuletzt unterliegt das Medikament Insulin bestimmten Prüfungen auf Wirksamkeit und Sicherheit.



Fermenter

25

Übertragung des Insulin-Gens in Bakterien



Selektion der Bakterien
(Auswahl der Bakterien, die das gewünschte Plasmid tragen)



Anzucht im Fermenter



Aufreinigung und Prüfung



Insulinpen

26

2. Arbeitsheft

- Titelseite mit Code

- Einführungstexte für jede Untersuchungsgruppe

- Aufgaben einschließlich Fragen zur schülereigenen Vorstellung und Items zur geistigen Anstrengung
Notiz: Arbeitshefte der Gruppen I-2 (CBLU ohne SV) und I-4 (TBLU ohne SV) enthielten keine Fragen zur schülereigenen Vorstellung.



Arbeitsheft

Persönlicher Code

Dieses Arbeitsheft ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung. Damit wir deine Ergebnisse zuordnen können, brauchst du einen persönlichen Code, eine Art Geheimzahl. Deine persönlichen Daten werden während der gesamten Untersuchung streng vertraulich behandelt.

Das Arbeitsheft wird nach Ablauf des Unterrichts eingesammelt. Es wird nicht bewertet. Wir haben ein Interesse daran den Unterricht zu verbessern.

Trage bitte zuerst deinen persönlichen Code hier ein.

• Heutiges Datum (z.B. 01.09.08)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
• Klasse (z.B. 9b)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
• Dein Geburtsmonat (z.B. Mai = 05)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
• Dein Geburtsjahr (z.B. 1994)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
• 1. und 2. Buchstabe des <u>Vornamens</u> deiner Mutter (z.B. SA bei Sabine)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
• Du bist ein:	Mädchen	<input type="checkbox"/>		Junge	<input type="checkbox"/>			
• Dein Gruppenpartner ist ein:	Mädchen	<input type="checkbox"/>		Junge	<input type="checkbox"/>			

Vielen Dank für deine Mithilfe!!!

Gruppe I-1: Computer mit Schülervorstellungen

Erklärungen

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Mit dieser Computerlerneinheit kannst du herausfinden, wie das Medikament Insulin für Diabetiker hergestellt wird.

Die Fragen in diesem Arbeitsheft sollen dir bei den Nachforschungen helfen.

Das Arbeitsheft ist somit dein „Forschungsprotokoll“. Diskutiere (leise) mit deinem Partner über die Aufgaben und ihre möglichen Lösungen. Trage deine Ergebnisse in dein „Forschungsprotokoll“ ein.

Wie bedient man diese Computerlerneinheit?

Die folgende Abbildung zeigt dir alles, was du über die Bedienung der Lerneinheit wissen musst.

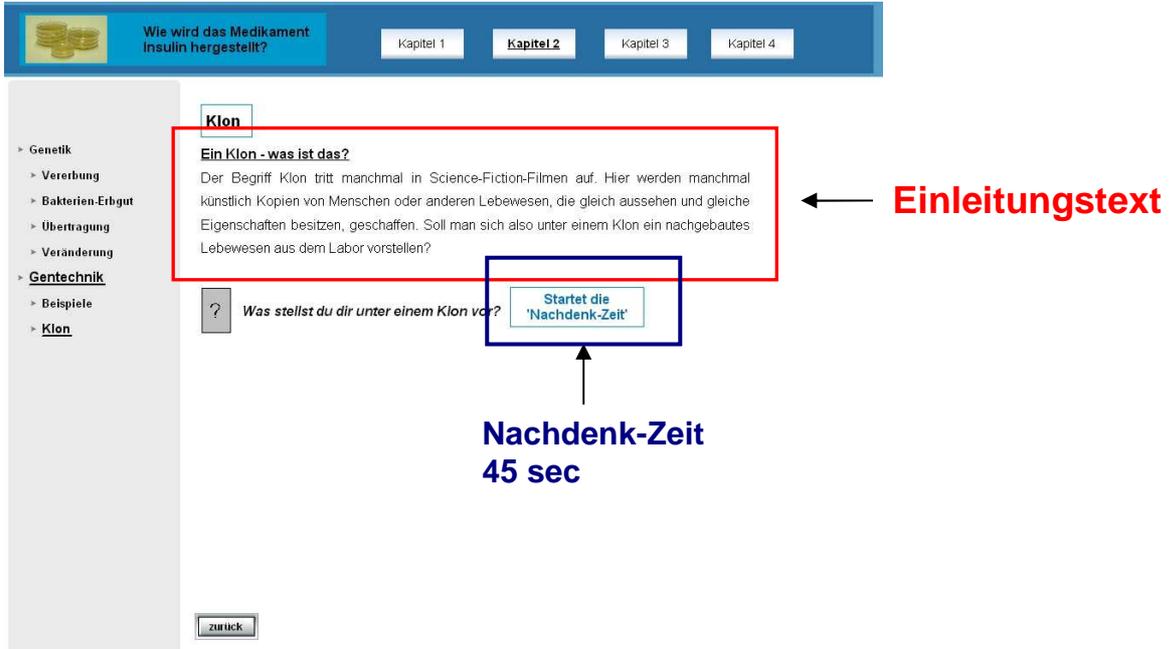
- 1:** Blau unterstrichene Wörter kannst du anklicken. Meist erscheint das ‚klick‘, wenn du mit dem Mauszeiger über das Wort fährst.
- 2:** Hier geht's weiter zur nächsten Seite.
- 3:** Hier geht's zurück zur vorherigen Seite.
- 4:** Das Kapitel, in dem du dich gerade befindest, ist fett und unterstrichen. Hier kannst du auch direkt von Kapitel zu Kapitel springen.
- 5:** Kapitelübersicht: Damit du immer weißt wo du bist. Mit dieser Navigation kommst du auch gezielt zu den einzelnen Themen.
- 6:** Auch auf das Wörtchen ‚ZOOM‘ kannst du klicken.

F - Anhang

In diesem Arbeitsheft wirst du ein paar Mal nach deinen Vorstellungen zu bestimmten Begriffen der Biologie gefragt.

Diese Fragen sind mit diesem Fragenzeichen  gekennzeichnet.

Bevor du diese Fragen beantwortest, lies dir zuerst den Einleitungstext in der Computerlerneinheit durch. Starte dann die Nachdenkzeit von 45 Sekunden.



The screenshot shows a digital learning interface. At the top, there is a blue navigation bar with the title 'Wie wird das Medikament Insulin hergestellt?' and four chapter buttons: 'Kapitel 1', 'Kapitel 2' (highlighted), 'Kapitel 3', and 'Kapitel 4'. On the left, a sidebar lists topics under 'Genetik', including 'Vererbung', 'Bakterien-Erbgut', 'Übertragung', 'Veränderung', 'Gentechnik', 'Beispiele', and 'Klon'. The main content area is titled 'Klon' and contains an introductory text: 'Ein Klon - was ist das? Der Begriff Klon tritt manchmal in Science-Fiction-Filmen auf. Hier werden manchmal künstlich Kopien von Menschen oder anderen Lebewesen, die gleich aussehen und gleiche Eigenschaften besitzen, geschaffen. Soll man sich also unter einem Klon ein nachgebautes Lebewesen aus dem Labor vorstellen?'. Below this text is a question: '? Was stellst du dir unter einem Klon vor?'. A red box highlights the introductory text, with a red arrow pointing to it from the label 'Einleitungstext'. A blue box highlights a 'Startet die 'Nachdenk-Zeit'' button, with a blue arrow pointing to it from the label 'Nachdenk-Zeit 45 sec'. A 'zurück' button is visible at the bottom left of the content area.

Es ist sehr wichtig, dass du die Fragen zu deinen Vorstellungen nach dem Lesen des Einleitungstextes beantwortest.

Im Arbeitsheft wird dir nach den Aufgaben zu einem Kapitel eine Frage zu deiner geistigen Anstrengung gestellt. Bitte beantworte die Frage **unmittelbar** nach der Bearbeitung des Kapitels. Am Ende des Arbeitsheftes tauchen solche Fragen noch einmal auf. Bitte beantworte diese Fragen ebenfalls **unmittelbar** nach Ende der gesamten Bearbeitung.

**Drückt jetzt auf ‚START‘ und
beginnt mit euren Nachforschungen!!!**

Gruppe I-2: Computer ohne Schülervorstellungen

Erklärungen

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Mit dieser Computerlerneinheit kannst du herausfinden, wie das Medikament Insulin für Diabetiker hergestellt wird.

Die Fragen in diesem Arbeitsheft sollen dir bei den Nachforschungen helfen.

Das Arbeitsheft ist somit dein „Forschungsprotokoll“. Diskutiere (leise) mit deinem Partner über die Aufgaben und ihre möglichen Lösungen. Trage deine Ergebnisse in dein „Forschungsprotokoll“ ein.

Wie bedient man diese Computerlerneinheit?

Die folgende Abbildung zeigt dir alles, was du über die Bedienung der Lerneinheit wissen musst.

- 1: Blau unterstrichene Wörter kannst du anklicken. Meist erscheint das ‚klick‘, wenn du mit dem Mauszeiger über das Wort fährst.
- 2: Hier geht's weiter zur nächsten Seite.
- 3: Hier geht's zurück zur vorherigen Seite.
- 4: Das Kapitel, in dem du dich gerade befindest, ist fett und unterstrichen. Hier kannst du auch direkt von Kapitel zu Kapitel springen.
- 5: Kapitelübersicht: Damit du immer weißt wo du bist. Mit dieser Navigation kommst du auch gezielt zu den einzelnen Themen.
- 6: Auch auf das Wörtchen ‚ZOOM‘ kannst du klicken.

Im Arbeitsheft wird dir nach den Aufgaben zu einem Kapitel eine Frage zu deiner geistigen Anstrengung gestellt. Bitte beantworte die Frage **unmittelbar** nach der Bearbeitung des Kapitels. Am Ende des Arbeitsheftes tauchen solche Fragen noch einmal auf. Bitte beantworte diese Fragen ebenfalls **unmittelbar** nach Ende der gesamten Bearbeitung.

**Drückt jetzt auf ‚START‘ und
beginnt mit euren Nachforschungen!!!**

Gruppe I-3: Textbuch mit Schülervorstellungen**Erklärungen****Liebe Schülerin, lieber Schüler!**

Mit diesem Informationsbuch kannst du herausfinden, wie das Medikament Insulin für Diabetiker hergestellt wird.

Die Fragen in diesem Arbeitsheft sollen dir bei den Nachforschungen helfen.

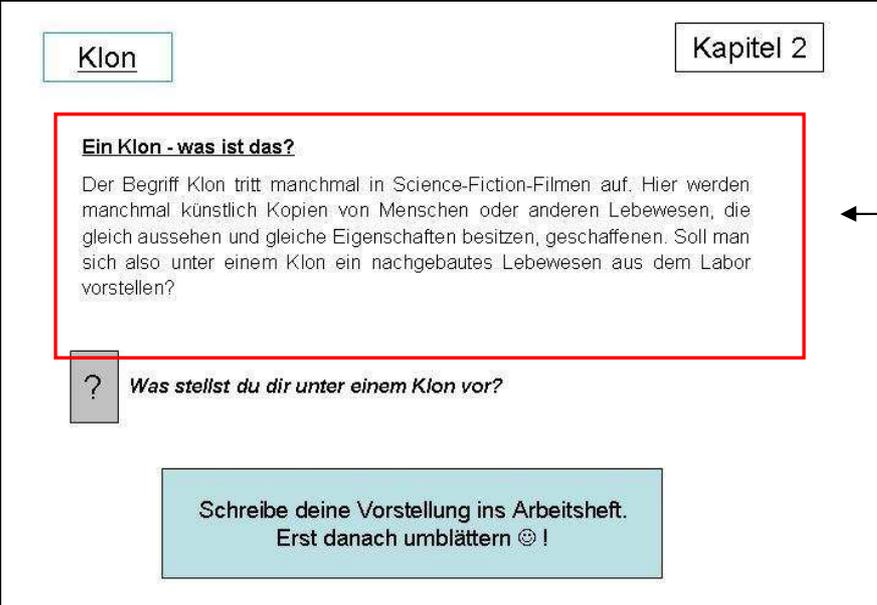
Das Arbeitsheft ist somit dein „Forschungsprotokoll“. Diskutiere (leise) mit deinem Partner über die Aufgaben und ihre möglichen Lösungen. Trage deine Ergebnisse in dein „Forschungsprotokoll“ ein.

In diesem Arbeitsheft wirst du ein paar Mal nach deinen Vorstellungen zu bestimmten Begriffen der Biologie gefragt.

Diese Fragen sind mit diesem Fragenzeichen  gekennzeichnet.

Bevor du diese Fragen beantwortest, lies dir zuerst den Einleitungstext im Informationsbuch durch. Schreibe deine Vorstellung danach ins Arbeitsheft.

Blättere erst danach um!



The screenshot shows a worksheet page with the following elements:

- Top left: A box containing the word "Klon".
- Top right: A box containing "Kapitel 2".
- Center: A red-bordered box containing the text:

Ein Klon - was ist das?
 Der Begriff Klon tritt manchmal in Science-Fiction-Filmen auf. Hier werden manchmal künstlich Kopien von Menschen oder anderen Lebewesen, die gleich aussehen und gleiche Eigenschaften besitzen, geschaffen. Soll man sich also unter einem Klon ein nachgebautes Lebewesen aus dem Labor vorstellen?
- Below the red box: A question mark icon in a grey box followed by the text "Was stellst du dir unter einem Klon vor?".
- Bottom center: A light blue box containing the text:

Schreibe deine Vorstellung ins Arbeitsheft.
 Erst danach umblättern ☺!

← **Einleitungstext**

Es ist sehr wichtig, dass du die Fragen zu deinen Vorstellungen nach dem Lesen des Einleitungstextes beantwortest.

Im Arbeitsheft wird dir nach den Aufgaben zu einem Kapitel eine Frage zu deiner geistigen Anstrengung gestellt. Bitte beantworte die Frage **unmittelbar** nach der Bearbeitung des Kapitels. Am Ende des Arbeitsheftes tauchen solche Fragen noch einmal auf. Bitte beantworte diese Fragen ebenfalls **unmittelbar** nach Ende der gesamten Bearbeitung.

**Beginnt nun mit euren
Nachforschungen!!!**

Gruppe I-4: Textbuch ohne Schülervorstellungen

Erklärungen

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Mit diesem Informationsbuch kannst du herausfinden, wie das Medikament Insulin für Diabetiker hergestellt wird.

Die Fragen in diesem Arbeitsheft sollen dir bei den Nachforschungen helfen.

Das Arbeitsheft ist somit dein „Forschungsprotokoll“. Diskutiere (leise) mit deinem Partner über die Aufgaben und ihre möglichen Lösungen. Trage deine Ergebnisse in dein „Forschungsprotokoll“ ein.

Im Arbeitsheft wird dir nach den Aufgaben zu einem Kapitel eine Frage zu deiner geistigen Anstrengung gestellt. Bitte beantworte die Frage **unmittelbar** nach der Bearbeitung des Kapitels. Am Ende des Arbeitsheftes tauchen solche Fragen noch einmal auf. Bitte beantworte diese Fragen ebenfalls **unmittelbar** nach Ende der gesamten Bearbeitung.

**Beginnt nun mit euren
Nachforschungen!!!**

Aufgaben zu Kapitel 1

Insulin - ein wichtiges Hormon

1) Lies zunächst folgende Schritte der Blutzuckerregulation durch. Bringe sie dann in die richtige Reihenfolge, indem du sie richtig nummerierst.

1		Der Blutzuckerspiegel steigt.
2		Aufnahme der Glukose in die verschiedenen Körperzellen.
3		Glukose gelangt in den Blutkreislauf.
4		Der Blutzuckerspiegel sinkt.
5	1	Essen einer kohlenhydrathaltigen Mahlzeit.
6		Insulin wird ins Blut abgegeben.

Diabetes mellitus – die Zuckerkrankheit

2) Welche Ursache hat die Krankheit **Diabetes mellitus Typ I**?

Woher stammt das Insulin in den Spritzen?

3) Fülle den folgenden Lückentext aus.

Vor 1982 wurde Rinder- und Schweininsulin aus _____ von _____ aufgereinigt. Das meiste Insulin wird heutzutage mithilfe von _____ veränderten Bakterien produziert. Dazu benötigt man das Insulin-Gen aus _____ Zellen.

Das Insulin-Gen



Was stellst du dir unter einem Gen vor?

4) Wie wird ein Gen in der Biologie definiert?

Wie schätzt du dich ein?

Wie hoch war deine geistige Anstrengung während der Bearbeitung von Kapitel 1 mit seinen Aufgaben?

1 = sehr, sehr gering (sehr einfach) bis 9 = sehr, sehr hoch (sehr schwer)

5 = genau so anstrengend wie der übliche Biologieunterricht

Meine geistige Anstrengung war während...	1	2	3	4	5	6	7	8	9
...der Bearbeitung von Kapitel 1	<input type="checkbox"/>								

Aufgaben zu Kapitel 2

Vererbung von Eigenschaften



Was stellst du dir unter der Vererbung von Eigenschaften vor?

Das Bakterien-Erbgut



Was stellst du dir unter dem Bakterien-Erbgut vor?

5) Ergänze und beschrifte die folgende Abbildung.



Übertragung von Erbgut



Was stellst du dir unter der Übertragung von Erbgut vor?

Veränderung von Erbgut



Was stellst du dir unter der Veränderung von Erbgut vor?

Gentechnik – keine Gentechnik



Was stellst du dir unter der Gentechnik vor?

6) Entscheide welches der beiden Verfahren der Gentechnik zugeordnet wird bzw. nicht. Durch welches Verfahren wurde Erbgut verändert?

<u>Produktion von Insulin durch Bakterien</u>	<u>Klonen von Säugetieren</u>

Klon



Was stellst du dir unter einem Klon vor?

7) Nenne zwei Beispiele für Klone.

Wie wird der Begriff Klon in der Biologie definiert?

Wie schätzt du dich ein?

Wie hoch war deine geistige Anstrengung während der Bearbeitung von Kapitel 2 mit seinen Aufgaben?

1 = sehr, sehr gering (sehr einfach) bis 9 = sehr, sehr hoch (sehr schwer)

5 = genau so anstrengend wie der übliche Biologieunterricht

Meine geistige Anstrengung war während...	1	2	3	4	5	6	7	8	9
...der Bearbeitung von Kapitel 2	<input type="checkbox"/>								

Aufgaben zu Kapitel 3

Überlebensvorteil für Bakterien durch Antibiotikaresistenz

8) Im gezeigten Versuch sind nur die Bakterien in Kultur 1 gewachsen. Warum?

Fülle hierzu den Lückentext aus.

Die Bakterien in Kultur 1 können auf dem Nährboden wachsen, da sie das Antibiotikum _____ machen können. Sie tragen das _____ mit dem entsprechenden _____gen.

Das Wachstum der Bakterien in Kultur 2 wird _____, da sie nicht _____ gegenüber dem Antibiotikum sind. Sie besitzen _____ Plasmid mit dem entsprechenden _____gen.

Enzyme



Was stellst du dir unter einem Enzym vor?

9) Welche chemische Reaktion ermöglichen Restriktionsenzyme?

Wie schätzt du dich ein?

Wie hoch war deine geistige Anstrengung während der Bearbeitung von Kapitel 3 mit seinen Aufgaben?

1 = sehr, sehr gering (sehr einfach) bis 9 = sehr, sehr hoch (sehr schwer)

5 = genau so anstrengend wie der übliche Biologieunterricht

Meine geistige Anstrengung war während...	1	2	3	4	5	6	7	8	9
...der Bearbeitung von Kapitel 3	<input type="checkbox"/>								

Aufgaben zu Kapitel 4

Animationen 1 - 6

(von: Isolierung von Plasmiden aus Bakterien - zu: Wie finde ich die Bakterien, die das Plasmid mit dem Insulin-Gen aufgenommen haben?)

10) Auf welchem Nährboden wachsen die beiden Bakterientypen? Begründe deine Antwort. Überlege hierfür, ob das entsprechende Antibiotikaresistenzgen zerstört ist.

Beschrifte die Tabelle.

	 <p>Bakterientyp 1 (mit Plasmidtyp 1)</p>	 <p>Bakterientyp 2 (mit Plasmidtyp 2)</p>
	 <p>Plasmidtyp 1</p>	 <p>Plasmidtyp 2</p>
Wachstum auf Nährboden mit Antibiotikum A ?		
Warum?		
Wachstum auf Nährboden mit Antibiotikum B ?		
Warum?		

11) Welchen Bakterientyp, mit welchem Plasmidtyp, möchte der Forscher mit der Stempeltechnik finden?

12) Du hast bereits gelernt, dass die Gentechnik alle Methoden zur Isolierung, Veränderung und anschließender Übertragung von Genen zusammenfasst. Aber welches Erbgut wird in der gentechnischen Produktion von Insulin verändert und was wird übertragen? Wie laufen diese Prozesse ab?

Fülle hierzu den Lückentext aus.

Die folgenden Begriffe passen jeweils nur einmal in den Lückentext:

äußere, Erbgut, Gen, genetisch, Fermenter, Klone, Proteinhormon, Restriktionsenzyme, Tochter, Transformation, verändert, Veränderung, Wachstumsbedingungen, weitergegeben, Zellteilung

In der gentechnischen Produktion von Insulin wird zunächst das Insulin-Gen isoliert. Isolierte Plasmide aus Bakterien werden durch _____ geschnitten. Die geschnittenen Plasmide werden durch das Enzym Ligase mit dem Insulin-_____ verbunden. Die neu-kombinierten Plasmide werden durch _____ in die Bakterienzellen aufgenommen. Dadurch wurde das Bakterienerbgut _____. Dies ist also ein Beispiel für einen durch _____ Einflüsse hervorgerufenen Prozess zur _____ von Erbgut. Die Bakterien werden auf einem Nährboden kultiviert. Die Bakterien vermehren sich durch _____. Dabei wird das Bakterien-Erbgut an die _____ zellen _____. Hier findet also eine Übertragung von _____ statt. Alle Zellen, die so aus einer Bakterienzelle entstehen sind _____ identisch, also _____. Die gentechnisch veränderten Bakterien produzieren nun durch Proteinbiosynthese das _____ Insulin. In der Industrie werden die gentechnisch veränderten Bakterien in einem _____ mit optimalen _____ kultiviert. Abschließend folgen Reinigungsschritte und die Prüfung des Medikaments Insulin. Dieses Insulin kann nun dem Diabetiker gegeben werden.

Wie schätzt du dich ein?

Wie hoch war deine geistige Anstrengung während der Bearbeitung von Kapitel 4 mit seinen Aufgaben?

1 = sehr, sehr gering (sehr einfach) bis 9 = sehr, sehr hoch (sehr schwer)

5 = genau so anstrengend wie der übliche Biologieunterricht

Meine geistige Anstrengung war während...	1	2	3	4	5	6	7	8	9
...der Bearbeitung von Kapitel 4	<input type="checkbox"/>								

3. *Verwendete Fragebögen*

- Titelseite
- Wissenstest mit Item zur geistigen Anstrengung (Vortest, Nachtest
Behaltenstest)
- Fragebogen zu wissenschaftlichen Vorstellungen (Vortest, Nachtest und
Behaltenstest)
- Subskalen der Intrinsischen Motivation (Nachtest)



Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Dieser Fragebogen soll Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung werden. Dafür wird er am Ende eingesammelt. Der Test wird nicht benotet.

Bitte bearbeite den Test dennoch alleine und sorgfältig. Deine persönlichen Daten werden während der gesamten Untersuchung streng vertraulich behandelt. Hierzu bekommst du einen eigenen geheimen Code. Fülle dafür das folgende Kästchen aus. Bitte bedenke, dass du den Code auf allen Fragebögen gleich angibst.

Vielen Dank für deine Mithilfe!

• Heutiges Datum (z.B. 01.09.08)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
• Klasse (z.B. 9b)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
• Dein Geburtsmonat (z.B. Mai = 05)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
• Dein Geburtsjahr (z.B. 1994)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
• 1. und 2. Buchstabe des <u>Vornamens</u> deiner Mutter (z.B. SA bei Sabine)	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
• Du bist ein:	Mädchen	<input type="checkbox"/>	Junge	<input type="checkbox"/>				
• Dein Gruppenpartner ist ein:	Mädchen	<input type="checkbox"/>	Junge	<input type="checkbox"/>				

Hinweise

- Kreuze die Antwort an die deiner Meinung nach richtig ist.
- Wenn du dich einmal vertan hast, dann male das Kästchen vollständig aus und kreuze ein anderes an. Benutze keine Tintenkiller!
- Bitte bearbeite den Test **alleine** und **sorgfältig**!

F - Anhang

Fülle den folgenden Testabschnitt bitte zuerst aus. Beantworte gleich danach die Frage zu deiner geistigen Anstrengung.

Bei den folgenden Fragen ist jeweils nur eine Antwort richtig.

Ein Fermenter ist ein Bioreaktor in dem...

<input type="checkbox"/>	...Bedingungen zur Gärung herrschen.
<input type="checkbox"/>	...optimale Wachstumsbedingungen herrschen.
<input type="checkbox"/>	...ausschließlich Bakterien wachsen können.
<input type="checkbox"/>	...kein Sauerstoff zugeführt wird.

In einer Petrischale befindet sich eine Kolonie gentechnisch veränderter Bakterien. Sind diese Bakterien Klone zueinander?

<input type="checkbox"/>	Nein, aber nur wenn es sich um speziell veränderte Bakterien handelt.
<input type="checkbox"/>	Ja, aber nur wenn die Bakterien ein bestimmtes Plasmid besitzen.
<input type="checkbox"/>	Ja, denn diese Bakterien haben sich auch durch Zellteilung vermehrt.
<input type="checkbox"/>	Nein, gentechnisch veränderte Bakterien sind nie Klone zueinander.

Insulin wird heutzutage...

<input type="checkbox"/>	...mithilfe gentechnisch veränderter Bakterien produziert.
<input type="checkbox"/>	...mithilfe gentechnisch veränderter Säugetierzellen produziert.
<input type="checkbox"/>	...aus Bauchspeicheldrüsen von Schlachttieren aufgereinigt.
<input type="checkbox"/>	...durch einen biochemischen Syntheseprozess hergestellt.

Während der Transformation...

<input type="checkbox"/>	...bauen Bakterien DNA-Moleküle, z.B. Plasmide, ab.
<input type="checkbox"/>	...vermehrten Bakterien DNA-Moleküle, z.B. Plasmide.
<input type="checkbox"/>	...nehmen Bakterien DNA-Moleküle, z.B. Plasmide, auf.
<input type="checkbox"/>	...geben Bakterien DNA-Moleküle, z.B. Plasmide, ab.

Plasmide sind wichtig für Bakterien, weil sie...

<input type="checkbox"/>	...zur Vermehrung der Bakterien benötigt werden.
<input type="checkbox"/>	...den Bakterien einen Überlebensvorteil verschaffen können.
<input type="checkbox"/>	...eine Sicherheitskopie des Bakterienchromosoms darstellen.
<input type="checkbox"/>	...die Proteinproduktion der Bakterien unterstützen.

Bei der Krankheit Diabetes mellitus Typ I produziert die Bauchspeicheldrüse...

<input type="checkbox"/>	...kein Glukagon mehr.
<input type="checkbox"/>	...zu viel Glukagon.
<input type="checkbox"/>	...zu viel Insulin.
<input type="checkbox"/>	...kein Insulin mehr.

Welche Aussage ist **falsch**?

Alle Bakterien in einer Kolonie sind...

<input type="checkbox"/>	...gentechnisch verändert.
<input type="checkbox"/>	...aus einer Zelle entstanden.
<input type="checkbox"/>	...genetisch identisch.
<input type="checkbox"/>	...Klone zueinander.

Die gentechnische Produktion von Insulin folgt der Reihenfolge...

<input type="checkbox"/>	Aufreinigung und Prüfung → Selektion der Bakterien → Anzucht im Fermenter → Übertragung des Insulingens in Bakterien
<input type="checkbox"/>	Übertragung des Insulingens in Bakterien → Selektion der Bakterien → Anzucht im Fermenter → Aufreinigung und Prüfung
<input type="checkbox"/>	Selektion der Bakterien → Anzucht im Fermenter → Aufreinigung und Prüfung → Übertragung des Insulingens in Bakterien
<input type="checkbox"/>	Anzucht im Fermenter → Übertragung des Insulingens in Bakterien → Aufreinigung und Prüfung → Selektion der Bakterien

Plasmide...

<input type="checkbox"/>	...liegen immer als Paar in der Bakterienzelle vor.
<input type="checkbox"/>	...liegen ausschließlich einzeln in der Bakterienzelle vor.
<input type="checkbox"/>	...liegen in einem Zellkern in der Bakterienzelle vor.
<input type="checkbox"/>	...liegen frei im Zellplasma der Bakterienzelle vor.

Bakterienkulturen können von einem Nährboden zum anderen übertragen werden. Man bezeichnet die Methode als...

<input type="checkbox"/>	...Spateltechnik.
<input type="checkbox"/>	...Abdrucktechnik.
<input type="checkbox"/>	...Stempeltechnik.
<input type="checkbox"/>	...Plattentechnik.

F - Anhang

Restriktionsenzyme...

<input type="checkbox"/>	...schneiden DNA-Moleküle.
<input type="checkbox"/>	...schneiden Proteine.
<input type="checkbox"/>	...verbinden DNA-Moleküle.
<input type="checkbox"/>	...verbinden Proteine.

Keine Anwendung der Gentechnik ist...

<input type="checkbox"/>	...die Herstellung transgener Tiere
<input type="checkbox"/>	...die somatische Gentherapie
<input type="checkbox"/>	...die Methoden der Gendiagnostik
<input type="checkbox"/>	...das Klonen von Säugetieren.

Insulin wird in...

<input type="checkbox"/>	...Drüsen der Nebenniere gebildet.
<input type="checkbox"/>	...der Schilddrüse gebildet.
<input type="checkbox"/>	...der Bauchspeicheldrüse gebildet.
<input type="checkbox"/>	...der Hirnanhangsdrüse gebildet.

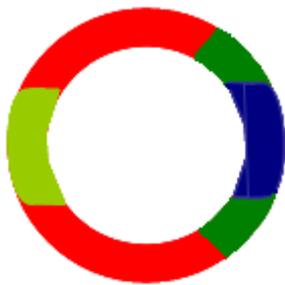
Das Bakterien-Erbgut besteht aus...

<input type="checkbox"/>	...mehreren Plasmiden.
<input type="checkbox"/>	...einem Bakterienchromosom und Plasmiden.
<input type="checkbox"/>	...zwei Bakterienchromosomen.
<input type="checkbox"/>	...einem Bakterienchromosom.

Nach einer kohlenhydrathaltigen Mahlzeit steigt der Blutzuckerspiegel. Als Folge wird...

<input type="checkbox"/>	...Insulin aus dem Blut aufgenommen.
<input type="checkbox"/>	...Glukagon ins Blut abgegeben.
<input type="checkbox"/>	...Glukagon aus dem Blut aufgenommen.
<input type="checkbox"/>	...Insulin ins Blut abgegeben.

Hier ist ein Plasmid abgebildet, das mit einem DNA-Abschnitt kombiniert wurde.



A: Antibiotikaresistenzgen A
 B: Antibiotikaresistenzgen B
 DNA-Abschnitt mit Wunschgen

Bakterien die dieses Plasmid tragen können auf einem Nährboden wachsen, der...

<input type="checkbox"/>	...die Antibiotika A und B beinhaltet.
<input type="checkbox"/>	...das Antibiotikum A beinhaltet.
<input type="checkbox"/>	...das Antibiotikum AB beinhaltet.
<input type="checkbox"/>	...das Antibiotikum B beinhaltet.

Diabetes mellitus ist eine Krankheit, bei der eine Störung der Regulation...

<input type="checkbox"/>	...des Fettspiegels im Blut vorliegt.
<input type="checkbox"/>	...des Glykogenspiegels im Blut vorliegt.
<input type="checkbox"/>	...des Proteinspiegels im Blut vorliegt.
<input type="checkbox"/>	...des Zuckerspiegels im Blut vorliegt.

Welches Schaf ist mit Dolly genetisch identisch?

Das Schaf, dass...

<input type="checkbox"/>	...den Klon geboren hat.
<input type="checkbox"/>	...die Eizelle gespendet hat.
<input type="checkbox"/>	...die Körperzelle gespendet hat.
<input type="checkbox"/>	...den Embryo ausgetragen hat.

Wie schätzt du dich ein?

Wie hoch war deine geistige Anstrengung während der Beantwortung der Fragen?

1 = sehr, sehr gering (sehr einfach) bis 9 = sehr, sehr hoch (sehr schwer)

5 = genau so anstrengend wie Fragen im üblichen Biologieunterricht

Meine geistige Anstrengung war während...	1	2	3	4	5	6	7	8	9
...der Beantwortung der Fragen.	<input type="checkbox"/>								

Hier geht es um dich und deine Vorstellungen zu bestimmten Begriffen in der Biologie.

Kreuze die Antwort an die deiner Vorstellung am ehesten entspricht.

Bei allen acht Fragen ist jeweils nur ein Kreuz möglich!

Unter Vererbung von Eigenschaften stelle ich mir...

<input type="checkbox"/>	die Weitergabe von erworbenen Eigenschaften an die Kinder vor.
<input type="checkbox"/>	die Weitergabe von Krankheiten vor.
<input type="checkbox"/>	die Weitergabe von Erbinformationen und damit Eigenschaften an die Kinder vor.
<input type="checkbox"/>	die Weitergabe von Verhaltensweisen an die Kinder vor.

Unter einem Klon stelle ich mir...

<input type="checkbox"/>	einen Menschen mit identischen Merkmalen vor.
<input type="checkbox"/>	eine künstlich hergestellte Kopie eines Lebewesens vor.
<input type="checkbox"/>	ein Tier mit identischen Merkmalen vor.
<input type="checkbox"/>	die erblich identische Kopie eines Lebewesens vor.

Unter Übertragung von Erbgut stelle ich mir...

<input type="checkbox"/>	die Weitergabe von Eigenschaften von den Eltern an die Kinder vor.
<input type="checkbox"/>	die Weitergabe des männlichen Erbgutes beim Geschlechtsverkehr vor.
<input type="checkbox"/>	die Weitergabe von Erbgut an die Tochterzellen bei der Zellteilung vor.
<input type="checkbox"/>	die Zeugung von Kindern vor.

Unter Bakterien-Erbgut stelle ich mir ...

<input type="checkbox"/>	das Erbgut in Bakterienzellen vor.
<input type="checkbox"/>	die Vererbung von Bakterien vor.
<input type="checkbox"/>	Bakterien im menschlichen Erbgut vor.
<input type="checkbox"/>	die Vererbung von Krankheiten vor.

Unter Veränderung von Erbgut stelle ich mir...

<input type="checkbox"/>	einen natürlichen Vorgang bei der Weitergabe von Erbgut an die Kinder vor.
<input type="checkbox"/>	einen durch äußere oder innere Einflüsse hervorgerufenen Prozess vor.
<input type="checkbox"/>	einen natürlichen Vorgang bei der Zellteilung vor.
<input type="checkbox"/>	eine Schädigung von Erbgut vor.

Unter Gentechnik stelle ich mir...

<input type="checkbox"/>	die Veränderung und anschließende Übertragung von Genen vor.
<input type="checkbox"/>	die Vererbung von Genen vor.
<input type="checkbox"/>	die Veränderung von Eigenschaften vor.
<input type="checkbox"/>	das Klonen von Genen vor.

Unter einem Enzym stelle ich mir einen Stoff vor, der...

<input type="checkbox"/>	eine besondere Krankheit auslöst.
<input type="checkbox"/>	eine chemische Reaktion auslöst.
<input type="checkbox"/>	so was Ähnliches wie ein Hormon ist.
<input type="checkbox"/>	so etwas Ähnliches wie ein Gen ist.

Unter einem Gen stelle ich mir....

<input type="checkbox"/>	eine Zelle vor, die die Erbanlagen, z.B. für die Haarfarbe, beinhaltet.
<input type="checkbox"/>	ein Bakterium vor, das Eigenschaften, z.B. die Haarfarbe, überträgt.
<input type="checkbox"/>	eine Eigenschaft, z.B. die Haarfarbe, vor.
<input type="checkbox"/>	eine Erbanlage, z.B. für die Haarfarbe, vor.

**Sieh bitte noch mal nach ob du alle Fragen beantwortet hast
und ob du den Code vollständig ausgefüllt hast.**

☺ Vielen Dank für deine Hilfe!! ☺

F - Anhang

Hier haben wir ein paar Fragen zur heutigen Biologiestunde.

Kreuze an wie stark eine Aussage zutrifft.

Bei allen Aussagen ist nur ein Kreuz möglich.

Denke an die heutige Biologiestunde...	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	teils/ teils	trifft eher zu	trifft völlig zu
Diese Tätigkeit hat Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war ziemlich geschickt bei dieser Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich denke es ist wichtig das zu tun, denn es kann im Umgang mit Gentechnik im Alltag nützlich sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während dieser Tätigkeit habe ich darüber nachgedacht, wie sehr sie mir gefällt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich denke, ich war ziemlich gut bei dieser Tätigkeit, verglichen mit anderen Schülern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, diese Tätigkeit könnte von einigem Wert für mich sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nach längerer Beschäftigung mit dieser Tätigkeit fühlte ich mich ziemlich kompetent.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich denke, das ist eine wichtige Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde diese Tätigkeit als sehr interessant bezeichnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich denke, dass die Ausübung dieser Tätigkeit nützlich ist für das Verständnis der Gentechnik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das war eine Tätigkeit, die ich nicht sehr gut konnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir gefiel die Ausübung dieser Tätigkeit sehr gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich wäre bereit, das noch einmal zu tun, weil es einigen Nutzen für mich hat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich halte mich für ziemlich gut bei dieser Tätigkeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich empfand diese Tätigkeit als langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin mit meiner Leistung bei dieser Aufgabe zufrieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich empfand diese Tätigkeit als recht angenehm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich denke, diese Tätigkeit auszuüben kann mir dabei helfen, biologische Sachverhalte der Gentechnik zu verstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diese Tätigkeit konnte meine Aufmerksamkeit überhaupt nicht binden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, das Ausüben dieser Tätigkeit könnte nützlich für mich sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Bilder

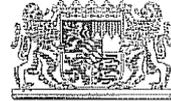
Nummer	Seite	Quellenangabe
1	148	Insulinpen zum Spritzen angesetzt
2	149	© Sabine Pöhl
3	149	© Sabine Pöhl
4	150	Oma
5	150	Opa
6	150	Mädchen
7	150	Junge
8	150	© Sabine Pöhl
9	150	© Sabine Pöhl
10	151	Zwei Ferkel
11	151	Kuh
12	151	© Sabine Pöhl
13	152	Fragezeichen
14	153	http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Chromosom.svg&iletimestamp=20060430032818 siehe auch: http://www.genome.gov/Pages/Hyperion//DIR/VIP/Glossary/Illustration/chromosome.shtml (Letzter Abruf: 11.12.2008) und: http://www.genome.gov/Glossary/index.cfm?p=about (Letzter Abruf: 29.2.2012)
15	157	© Sabine Pöhl; gilt für alle Bilder von Bakterien mit und ohne Plasmid bzw. Bakterienchromosom.
16	163	Schematische Darstellung: Klonen eines Schafes
17	165	© Sabine Pöhl; gilt für alle Bilder von Petrischalen, mit und ohne Kolonien etc.
18	166	© Sabine Pöhl; gilt für alle Bilder von Plasmiden, mit und ohne Insulingen oder Antibiotikaresistenzgenen.
19	169	© Sabine Pöhl; gilt für alle Bilder von DNA-Strängen dieser Art.
20	169	Schere
21	170	Tube Kleber

F - Anhang

22	172	© Sabine Pöhl; gilt für alle Bilder von Erlenmeyerkolben, mit und ohne Bakterien.
23	173	© Sabine Pöhl; gilt für alle Bilder von Reagenzgläsern, mit und ohne Plasmide.
24	181	© Sabine Pöhl; gilt für alle Bilder von dem Stempel zur Übertragung von Kolonien.
25	184	Fermenter
26	185	© Sabine Pöhl

5. Genehmigung

Bayerisches Staatsministerium
für Unterricht und Kultus



Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, 80327 München

Universität Bayreuth

Lehrstuhl Didaktik der Biologie
Prof. Dr. Franz X. Bogner

95440 Bayreuth

Ihr Zeichen / Ihre Nachricht vom
20.01.2009

Unser Zeichen (bitte bei Antwort angeben)
VI.2-5 O 5106/4/7

München, 18.06.2009
Telefon: 089 2186 2725
Name: Frau Simbürger

Wissenschaftliche Untersuchung zu computerunterstütztem Lernen - Schülervorstellungen im Biologieunterricht

Sehr geehrter Herr Professor Bogner,

das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus genehmigt die in Ihrem Schreiben vom 20.01.2009 beantragte Schülerbefragung im Rahmen der geplanten Erhebung an bayerischen Gymnasien zum Thema „Wissenschaftliche Untersuchung zu computerunterstütztem Lernen – Schülervorstellungen im Biologieunterricht“.

Da die Erhebung von erheblichem pädagogisch-wissenschaftlichem Interesse ist, können die vorgelegten Fragebögen an den noch zu bestimmenden Schulen eingesetzt werden. Vor der Durchführung der Befragung muss dieses Genehmigungsschreiben des Kultusministeriums der jeweiligen Schule vorgelegt werden.

Es wird darum gebeten, die Ergebnisse nach Abschluss der Erhebung dem Staatsministerium vorzulegen.

Die Genehmigung ist an folgende Auflagen gebunden:

Telefon: 089 2186 0
Telefax: 089 2186 2000

e-mail: poststelle@stmuk.bayern.de
Internet: www.stmuk.bayern.de

Salvatorstraße 2 · 80333 München
U3, U4, U5, U6 - Haltestelle Odeonsplatz



- 2 -

1. Im Elternanschreiben ist direkt bei dem Satz „Die Fragebögen können auf Anfrage auf der Homepage des Lehrstuhls oder im Sekretariat eingesehen werden“ einzufragen, an welche Stelle diese Anfrage gerichtet werden muss (Name, Tel.-Nr., E-Mail-Adresse).
2. Die Schule und die betreffenden Fachlehrkräfte müssen mit der Durchführung der Befragung einverstanden sein. Die Mitwirkung aller Beteiligten ist freiwillig; sie werden darauf ausdrücklich hingewiesen. Vor der Durchführung der Befragung sind bei noch nicht volljährigen Schülern die Erziehungsberechtigten über Inhalt und Zweck der Untersuchung und über die freiwillige Teilnahme zu informieren. Die Einholung einer schriftlichen Einverständniserklärung ist bei nicht volljährigen Schülern erforderlich. Bei Zusatzfragen über die Gesundheit muss sich die Einwilligung ausdrücklich auf diese Daten beziehen.
3. Die Bestimmungen des Bayerischen Datenschutzgesetzes (BayDSG) sind zu beachten, insbesondere muss die Anonymität der Betroffenen gewahrt bleiben; aus der Auswertung der Untersuchung dürfen keine Rückschlüsse auf einzelne Schulen, Lehrkräfte, Eltern oder Schüler möglich sein. Bei der Erhebung personenbezogener Daten sind insbesondere die Regelungen in Artikel 15 Bay DSG zu beachten.
4. Die Aufsichtspflicht liegt während der Befragung bei der Schule.
5. Die Tests und Fragebögen dürfen nicht vom vorgelegten Muster abweichen. Auf das Verbot der kommerziellen Werbung in Schulen (Art. 84 Abs. 1 BayEUG) wird besonders hingewiesen.

Mit freundlichen Grüßen
gez. Peter Kempf
Ministerialrat

Danksagung

Meinem Doktorvater Prof. Dr. Franz X. Bogner möchte ich für die Ermöglichung dieser Doktorarbeit am Lehrstuhl Didaktik der Biologie, für die Anleitung zur selbstständigen wissenschaftlichen Arbeit, für die kniffligen Diskussionen sowie für die lehrreiche Mitarbeit im EU-Projekt „Exploar“ und „OSR“ danken.

Herrn Dr. Franz-Josef Scharfenberg möchte ich für seine Hilfsbereitschaft und die guten Anregungen in didaktischen sowie statistischen Fragen danken. Ich bedanke mich auch für die konstruktiven Diskussionen über die *Cognitive Load Theory*.

Mein Dank gilt ebenfalls Frau Sabine Hübner, die für die kleinen und großen Probleme während der Arbeit stets ein offenes Ohr hatte und fast immer Rat wusste. Vielen Dank auch für die gute Zusammenarbeit in der Lehre.

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich auch bei meinen Kolleginnen und Kollegen für die produktive Zusammenarbeit in einem Spitzenteam und die kurzweiligen Stunden außerhalb der Arbeit.

Zum Schluss möchte ich meiner Familie und all meinen Freunden, die mich in den Höhen und Tiefen meiner Promotionszeit begleitet haben, danken.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ferner erkläre ich, dass ich anderweitig mit oder ohne Erfolg nicht versucht habe diese Dissertation einzureichen. Ich habe keine gleichartige Doktorprüfung an einer anderen Hochschule endgültig nicht bestanden.

Bayreuth, den 23. März 2012

Sabine Pöhl