Die Zellbiologie als zeitgemäßes Unterrichtsfach – Aufstellung, Erprobung, Evaluation und Einführung eines neuen Curriculums auf den Klassen der 13e technique, Section sciences de la santé

Travail de candidature

Par la présente, je soussigné, ***Gerard FARAMELLI****, né le 28 janvier 1986 à Luxembourg, déclare avoir réalisé ce travail par mes propres moyens.*

Luxembourg, le 10 juin 2015

Gérard FARAMELLI

FARAMELLI Gérard
Candidat à la fonction de professeur de sciences
au Lycée Technique pour Professions de Santé

Die Zellbiologie als zeitgemäßes Unterrichtsfach – Aufstellung, Erprobung, Evaluation und Einführung eines neuen Curriculums auf den Klassen der 13e technique, Section sciences de la santé

Travail de candidature présenté par
Gérard FARAMELLI

Sous la direction de :

Mme. Christiane Steffen

Lycée Technique pour Professions de Santé
Année 2014/2015

Zusammenfassung

Die Schaffung einer neuen Abschlussklasse, der 13eSH (Section sciences de la santé), im Lycée Technique pour Professions de Santé (LTPS) geschah auf vielfache Nachfrage der Schüler nach alternativen Ausbildungsmöglichkeiten im Bereich der Gesundheitsberufe und der Naturwissenschaften. Da die 13eSH in Anlehnung an die bereits existierende 13eSI (Section de l'infirmier) entstanden ist, deckten die angebotenen Fächer anfangs nicht alle Bedürfnisse der Schüler ab. Die Notwendigkeit zusätzlicher Diversifikationen wurde ersichtlich und so wurde als eine der Maßnahmen entschieden, dass das Fach der Zellbiologie auf 13eSH zu Beginn des Schuljahres 2015/2016 eingeführt werden soll.

Diese Arbeit beschreibt die einzelnen Etappen der Curriculumaufstellung für das Fach der Zellbiologie. Das neue Curriculum soll dabei besonders auf das Bedürfnis der SH-Sektion nach einem propädeutischen Unterricht eingehen. So steht das Fördern der Autonomie der Schüler mit gleichzeitiger Weiterentwicklung ihrer Studierfähigkeit im Mittelpunkt der Arbeit. Außerdem soll das Wissen der Schüler im Bereich der Zellbiologie erweitert werden.

Basierend auf einer anfänglichen literarischen Recherche wurde zuerst die Vielfalt der einzelnen Elemente eines Curriculums diskutiert. Besonders das sinnvolle, das vernetzte und das aktive Lernen schälten sich bei der Recherche als wichtige Punkte heraus.

Im Anschluss wurden die Lernziele, sowie die pädagogischen Strategien und didaktischen Prozesse nach den gefundenen Richtlinien hin aufgestellt. Die Verbindung der in der Literatur gefundenen Informationen mit den spezifischen Anforderungen der Schüler des LTPS, sowie den bestehenden Rahmenbedingungen, stellten die primären Schwierigkeiten hierbei dar.

Bei einer ersten Erprobung wurde das Curriculum dann auf seine Machbarkeit in der Realität hin getestet. Zur Illustration wurden exemplarische Unterrichtseinheiten und die Klassenarbeiten dieser Erprobung beschrieben, analysiert und diskutiert.

Nach der Erprobungsphase wurde der ausgearbeitete Curriculumsvorschlag, mehreren internen und externen Evaluationsphasen unterzogen, bei denen dieser kritisch betrachtet wurde. Hierzu gehörten die Auto-Evaluation, das Feedback der Schüler und das der Programmkommission und weiterer Experten. Daraufhin wurden nötige Veränderungen durchgeführt und das Curriculum wurde von der Programmkommission verabschiedet.

Mit Abschluss der Arbeit ist im LTPS nun ein Curriculum für das Fach der Zellbiologie für die 13eSH verfügbar, welches Aspekte der modernen Didaktik und Methodik aufzeigt und welches die Schüler bestmöglich auf weiterführende Studien im Bereich der Naturwissenschaften vorbereiten soll.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich bei der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt haben.

Zuerst gebührt mein Dank Frau Christiane Steffen, die mich durch die Arbeit begleitet hat und mir wertvolle Anregungen gegeben hat.

Danken möchte ich auch Frau Elisabeth John vom Luxembourg Centre for Systems Biomedicine, Herr Jerry Lenert vom CEDIES sowie allen Biologie(lehrer)kollegen, welche ich für meine Arbeit interviewen und mit denen ich ausführlich diskutieren konnte.

Weiter bin ich all jenen zu Dank verpflichtet, welche sich mit den Details meiner Arbeit beschäftigt haben und sich Zeit genommen haben, um auf meine Fragen zu antworten. Nennen möchte ich hier ganz besonders die Angehörigen der Programmkommission CNPPS, sous-groupe SH, insbesondere Frau Claudine Schockmel. Ebenfalls möchte ich mich bei der Direktion des LTPS bedanken, speziell bei Frau Marie-Anne Gillen sowie Frau Maryse Goedert.

Vielen Dank auch an die Schüler der 13eSH des Jahrgangs 2014/2015, dass sie bereit waren Umfragen auszufüllen und mir ihr Feedback zu den einzelnen Unterrichtseinheiten zu geben. Ein weiterer Dank geht an die Schüler der vorherigen Jahrgänge, welche mir geholfen haben Daten über den Verbleib der Schüler des LTPS nach dem Abitur zu sammeln.

Zu guter Letzt danke ich aber auch meiner Verlobten Stéphanie Schintgen für ihre Geduld, die wertvollen Diskussionen und ihre Unterstützung. Ich wünsche ihr ein gutes Gelingen für den Abschluss ihres Travail de candidature.

Auch all denen, die hier nicht namentlich genannt wurden, gilt mein herzlicher Dank.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG 1

1.1. Was ist ein Curriculum? 1

1.2. Neue Bedürfnisse der SH-Sektion 1

1.2.1. Momentane Situation 1

1.2.2. Weiterführende Studien der Absolventen einer 13eSH 2

1.2.2.1. Umfrage 4

1.2.2.2. Daten vom Centre de Documentation et d'Information sur l'Ens. Supérieur 6

1.2.2.3. Auswertung der Daten 7

1.3. Problemstellung 8

2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN 9

2.1. Biologieunterricht in der Oberstufe 9

2.1.1. Pisa und seine Folgen 9

2.1.2. Wissenschaftspropädeutik 9

2.2. Ziele eines modernen Biologieunterrichts 11

2.2.1. Sinnvolle Kontexte schaffen 14

2.2.2. Aufbau von interdisziplinärem Wissen 16

2.2.2.1. Inter-biologisches Wissen 16

2.2.2.2. Inter-wissenschaftliches Wissen 17

2.3. Entwicklung eines Curriculums 20

2.3.1. Etappen der Curriclumentwicklung 22

2.3.1.1. Evaluation à priori der initialen Version 22

2.3.1.2. Erste Durchführung 23

2.3.1.3. Einführung der finalen Version 24

2.3.2. Auswahl des Einstiegs 25

2.3.2.1. Lernziele 30

2.3.2.2. Kompetenzen 32

2.3.3. Inhalte 35

2.3.3.1. Auswahl basierend auf dem Vorwissen der Schüler 37

2.3.3.2. Auswahl basierend auf dem benötigten Vorwissen für zukünftige Studien 38

2.3.4. Pädagogische und didaktische Prozesse 39

2.3.4.1. Schüler- und Lehreraktivitäten 41

2.3.4.2. Modernes Lernen 42

2.3.4.2.1. Aktives Lernen in unterschiedlichen Sozialformen 43

2.3.4.2.1.1. Kleingruppenarbeit 43

2.3.4.2.1.2. Partnerarbeit 44

2.3.4.2.1.3. Einzelarbeit 45

2.3.4.2.1.4. Doch Frontalunterricht? 45

2.3.4.2.2. Problemorientiertes und Situationsorientiertes Lernen 46

2.3.4.2.3. Spiralprinzip, Kumulatives Lernen und Differenzierung 47

2.3.4.2.4. Exemplarisches Lernen 49

2.3.5. Medialer Einsatz und Methodik 51

2.3.5.1. Medien-Implementation 51

2.3.5.2. Einsatz altbekannter Medien 52

2.3.5.3. Einsatz neuer Medien 52

2.3.5.4. (In)direkter Kontakt mit der Wissenschaft ... 53
2.3.6. Evaluation ... 55
2.3.6.1. Summative Evaluation ... 56
2.3.6.2. Formative Evaluation ermöglichen ... 56

3. DURCHFÜHRUNG ... 59

3.1. Ablauf der Aufstellung ... 59

3.2. Aufstellung und Erprobung des Curriculums ... 61
3.2.1. Nachforschungen ... 61
3.2.1.1. Auswahl der Literatur zur Unterrichtsvorbereitung ... 61
3.2.1.2. Analyse der bereits bestehenden Curricula ... 61
3.2.1.2.1. Curricula der 7e/6e/5e ES und der 7e/8e/9e EST ... 62
3.2.1.2.2. Curricula auf 10e/11e PS des EST ... 63
3.2.1.2.3. Curricula auf 12e/13e ... 64
3.2.1.3. Ermittlung der Bedürfnisse und des Vorwissens der Schüler ... 64
3.2.1.4. Analyse universitärer Curricula ... 71
3.2.2. Auswahl des Einstiegs ... 73
3.2.3. Lernziele ... 74
3.2.4. Inhalte ... 77
3.2.4.1. Einleitung ... 78
3.2.4.2. Zellmembran ... 79
3.2.4.3. Zellkontakte und Zellkommunikation ... 80
3.2.4.4. Zellkern, Erbinformation und Proteinsynthese ... 81
3.2.4.5. Intrazelluläre Kompartimente und Transport ... 82
3.2.4.6. Zytoskelett ... 83
3.2.4.7. Energie ... 84
3.2.4.8. Fakultative Inhalte ... 85
3.2.5. Schüler- und Lehreraktivitäten ... 86
3.2.5.1. Didaktische Reduktion ... 87
3.2.5.2. Wahl des Unterrichteinstiegs ... 92
3.2.5.3. Aktives Lernen ... 95
3.2.5.3.1. Beispiel: Problem- und Situationsorientiertes Lernen ... 95
3.2.5.3.2. Beispiel: Soziales Lernen ... 99
3.2.6. Medien ... 102
3.2.7. Evaluation ... 106
3.2.7.1. Formative Evaluation ... 106
3.2.7.2. Summative Evaluation ... 112
3.2.7.2.1. Erste Klassenarbeit ... 112
3.2.7.2.1.1. Aufstellung I,1 ... 112
3.2.7.2.1.2. Auswertung I,1 ... 113
3.2.7.2.2. Zweite Klassenarbeit ... 114
3.2.7.2.2.1. Aufstellung II,1 ... 114
3.2.7.2.2.2. Auswertung II,1 ... 115

3.3. Evaluation des Curriculums ... 117

4. DISKUSSION ... 123

5. LITERATURVERZEICHNIS ... 127

6. ANHANG ... 133

6.1. Vortest der 13eSH zu Beginn des Schuljahres 2014/2015 133

6.2. Auflistung zellbiologischer Module in verschiedenen Studiengängen 137

6.3. Beispiel eines Unterrichtseinstiegs: Das Gummibärchen-Experiment 141

6.4. Beispiel einer Unterrichtseinheit: Herstellung der Peptidketten des Hämoglobins 143

6.5. Beispiel einer Unterrichtseinheit: Gruppenarbeit Skelettmuskulatur 149

6.5.1. Aufgabenblatt 149
6.5.2. Arbeitsblätter Themen 1-7 150
6.5.3. Beispiel einer Schülerarbeit 157
6.5.4. Zusammenfassung der Schülerarbeiten 160

6.6. Klassenarbeit I1 163

6.6.1. Aufgaben 163
6.6.2. Auswertung der Klassenarbeit I1 13eSH1 170
6.6.3. Auswertung der Klassenarbeit I1 13eSH2 171

6.7. Klassenarbeit II1 173

6.7.1. Aufgaben 173
6.7.2. Auswertung der Klassenarbeit II1 13eSH1 179
6.7.3. Auswertung der Klassenarbeit II1 13eSH2 180

6.8. Programm des Fachs der Zellbiologie für das Schuljahr 2015/2016 182

1. Einleitung

1.1. Was ist ein Curriculum?

Im luxemburgischen Schulsystem werden alle nötigen Informationen zur Planung und Durchführung von Unterrichtseinheiten in jedem der in den Lyzeen angebotenen Fächern jeweils in einer Datei mit dem Titel „Programm“ zusammengefasst. Dabei stellt das Programm an sich nur den sichtbaren Teil einer vorangegangenen Arbeit dar. So gehören zur dessen Aufstellung viele weitere Überlegungen, Nachforschungen und Diskussionen, welche man alle gemeinsam unter dem Überbegriff „Curriculum“ zusammenfassen kann.

Ein solches Curriculum beschreibt alle Elemente, die in Verbindung mit der Ausbildung der Lernenden für ein bestimmtes Fach stehen. Es sind daher nicht nur die eher traditionelleren im Programm enthaltenen Elemente, wie die zu behandelnden Inhalte, Bewertungsmethoden oder die zu benutzenden didaktischen Unterlagen, sondern auch Hinweise auf das gewünschte aufzubauende Profil der zukünftigen Absolventen sowie tiefgreifende methodische und didaktische Hinweise und Überlegungen enthalten (1). Ein Curriculum bietet demnach ein geplantes, strukturiertes und zusammenhängendes Gesamtbild eines Unterrichtsfaches mit allen pädagogischen Richtlinien, nach denen das Lehren und Lernen organisiert und geleitet werden soll, um die sich gesetzten Ziele zu erreichen (2).

Weiterhin zu beachten ist, dass ein solches Curriculum nicht das Produkt einer Spontanzeugung ist. Vielmehr gibt es die Antwort auf die Bedürfnisse einer Gesellschaft. Es strebt danach, seinen Beitrag zur Verwirklichung von politischen, ökonomischen, sozialen und wissenschaftlichen Gesellschaftsprojekten zu leisten.

1.2. Neue Bedürfnisse der SH-Sektion

1.2.1. Momentane Situation

Bis zum Schuljahr 2010/2011 hat es für die Schüler im Lycée Technique pour Professions de Santé (LTPS) nur die Section de l’infirmier (12e und 13e SI) gegeben, welche die Schüler auf weiterführende Studien im Bereich der Krankenpflege vorbereitet. Viele Schüler werden sich jedoch während ihres ersten Jahres im LTPS bewusst, dass sie nicht für den Beruf des Krankenpflegers geschaffen sind und versuchen deshalb nach dem Abschluss ihres Abiturs ein anderes Studium zu beginnen.

Mit der Schaffung einer neuen Abschlussklasse im LTPS, der 13e Section Sciences de la Santé (13eSH), wurde auf die vielfache Nachfrage der Schüler nach alternativen Ausbildungs-, Studien- und Berufsmöglichkeiten reagiert.

Seit dem Schuljahr 2011/2012, in dem die 13eSH eingeführt wurde, haben 106 Schüler ihr Abitur auf dieser Sektion abgeschlossen (siehe Tab. 1). Dies stellt gegenüber den 285 Abiturienten der SI-Sektion eine geringere, gleichwohl jedoch eine nicht zu vernachlässigende Zahl dar (3). Da die neue Sektion relativ schnell aus der 13eSI heraus geboren wurde, bestehen momentan noch starke Ähnlichkeiten zwischen den beiden Sektionen. Auch wenn auf 13eSH mittlerweile die Fächer Mathematik, Chemie und Physik zusätzliche Stunden zugeteilt bekommen haben, so werden zu einem Teil Fächer unterrichtet, welche doch sehr spezifisch auf den Beruf des Krankenpflegers zugeschnitten sind (4).

Tab. 1. Zahl der Einschreibungen und daraufhin abgeschlossenen Abiture der SH-Sektion		
Schuljahr	Einschreibungen (13eSH)	Abitur abgeschlossen (13eSH)
2011/12	51	40
2012/13	39	29
2013/14	57	37
2014/15	57	ausstehend

Während meines ersten Jahres als Lehrer im LTPS habe ich zu verschiedenen Momenten bemerkt, dass die SH-Sektion weiterer Adaptionen bedarf. Schüler dieser Sektion haben mir mehrfach berichtet, dass ihre Kollegen des Vorjahres größere Probleme hätten, Studienplätze zu finden. Auch das Bestehen des ersten Studienjahrs schien eine große Hürde für die Abiturienten der SH zu sein. Darüber hinaus wurde bei Diskussionen innerhalb des Lehrerkollegiums sowie innerhalb der nationalen Programmkommission (CNPPS, sous-groupe SH) ersichtlich, dass die Schüler einer SH wohl nur bedingt fit für ein Studium in den Naturwissenschaften sind. Die Notwendigkeit nach zusätzlichen Diversifikationen wurde also deutlich. Als eine dieser Maßnahmen wurde in der Programmkommission entschieden, das Fach der Zellbiologie auf der 13eSH zu Beginn des Schuljahres 2015/2016 einzuführen (siehe Tab. 2) (5).

Da ich einen Masterstudiengang in der molekularen und zellulären Physiopathologie belegt habe und ich gerne mehr über die Vorgänge zum Aufstellen eines Curriculums mit den entsprechenden anzustellenden Überlegungen wissen wollte, schien mir dieses Thema geeignet, um mein Travail de Candidature darauf aufzubauen.

1.2.2. Weiterführende Studien der Absolventen einer 13eSH

Um eine Übersicht über den Werdegang der bisherigen Absolventen der 13eSH-Sektion zu erhalten, habe ich versucht, einige Informationen über die Ex-Abiturienten zu erhalten. In einer ersten Phase erwies sich dies schwieriger als gedacht, da es sich wegen ständig ändernden Kontaktdaten und aus Gründen des Datenschutzes äußert aufwendig gestaltete, mit den Ex-Schülern in Kontakt zu treten. Um diese Probleme zu umgehen, habe ich zuerst auf die Möglichkeiten der neuen Kommunikationsmethoden via Sozialplattformen zurückgegriffen. Das heißt, dass ich mit Hilfe einer Namensliste der Abiturienten versucht habe, jeden Einzelnen auf der Internetplattform „Facebook“ (6) anzuschreiben und sie bat, eine Umfrage online auszufüllen und diese ebenfalls allen alten Klassenkameraden weiterzuschicken. Von den insgesamt 69 Abiturienten der Jahrgänge 2011/12 und 2012/13 habe ich 46 auf der Plattform wiedergefunden. 30 der Abiturienten haben sich die Zeit genommen meine Umfrage korrekt und vollständig zu beantworten (siehe Tab. 3).

Um weitere Informationen über alle Schüler zu erhalten, habe ich in einer zweiten Phase das „Centre de documentation et d’information sur l’enseignement supérieur“ (CEDIES) kontaktiert und um die Daten der Schüler gebeten. Diese wurden mir daraufhin anonymisiert mitgeteilt (siehe Tab. 4).

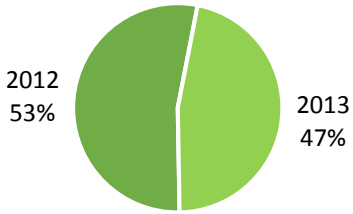
Tab. 2. Modul- und Stundenverteilung auf den SI- und SH-Sektionen

Fach/Jahrgang/Klasse	13eSI (14/15)		13eSH (14/15)		13eSH (15/16)	
	Stunden	Koeffizient	Stunden	Koeffizient	Stunden	Koeffizient
Connaissances de langues		**4**		**4**		**4**
Allemand ou Anglais	4	1	4	1	4	1
Français	3	1	3	1	3	1
Connaissances de culture générale		**4**		**4**		
Mathématiques appliqués	1	2				
Sciences humaines et sociales	2	2	2	3	2	3
Education physique et sportive	2	1	2	1	2	1
Connaissances scientifiques 1				**4**		**4**
Mathématiques			4	1	4	1
Chimie médicale			3	1	3	1
Physique médicale			3	1	3	1
Connaissances scientifiques 2		**4**		**4**		**4**
Biologie humaine	2	2	2	2	3	3
Hygiène professionnelle/ Microbiologie	1	1	1	1		
Etapes de la vie	1	1	1	1		
Biologie cellulaire					1	1
Sciences médicales	**3**	**4**	**3**	**4**	**3**	**4**
Concepts de soins et problèmes infirmiers	**6**	**4**				
Connaissances professionnelles relationnelles et déontologiques/ et du développement		**4**		**4**		**4**
Communication professionnelle	2	2	2	2	2	1
Connaissance du monde professionnel	1	1				
Education pour la santé – Santé publique	2	2	2	2	2	1
Connaissances professionnelles appliquées/pratiques		**4**				
Laboratoire d'enseignement clinique	2					
Enseignement clinique	x					
Travail d'envergure				**4**		**4**
Stage d'orientation professionnelle			x		x	
Total	32	28	32	28	32	28

1.2.2.1. Umfrage

Tab. 3. Auflistung der Umfrageergebnisse der SH-Absolventen (30 Befragte insgesamt)

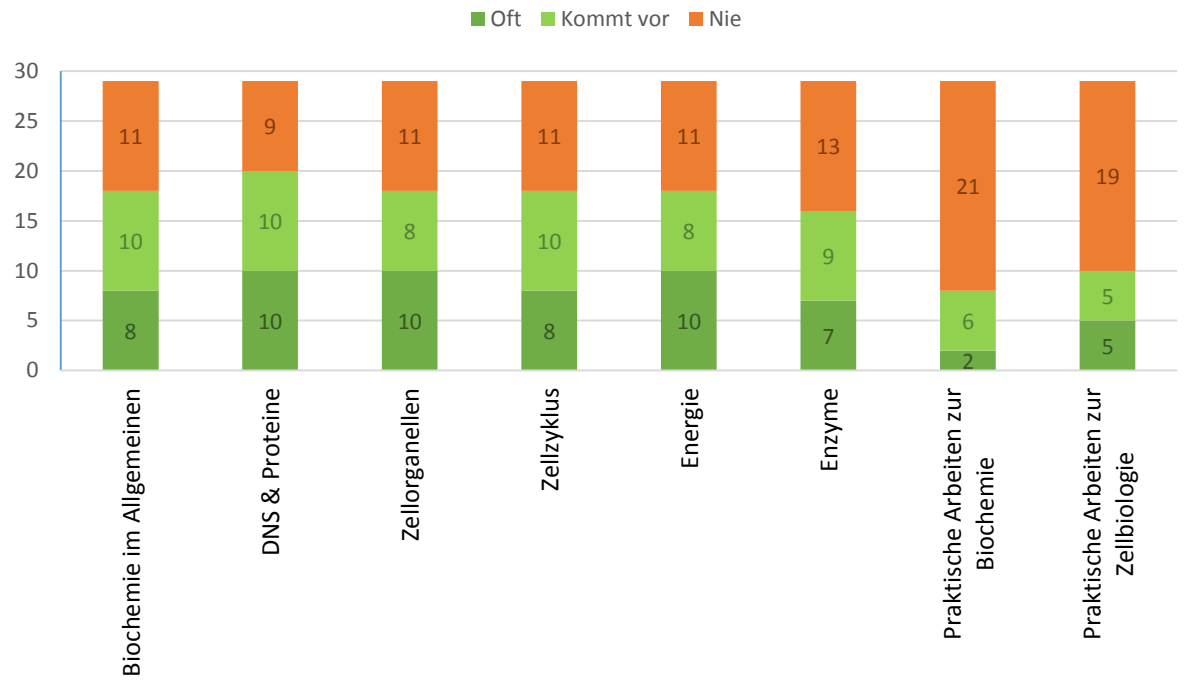
In welchem Jahr hast du dein Abitur gemacht?



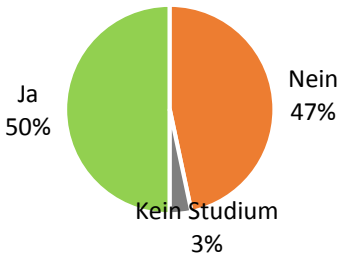
Studierst du im Moment?

Welches Fach studierst du im Moment?	1 BTS ATM Radiologie in Luxemburg (LTPS) 1 Psychologie in Luxemburg (Uni.lu) 3 Ergotherapie in Brüssel 1 Physiotherapie in Viseu (Portugal) 1 Sportwissenschaft in Saarbrücken 3 Biologie in München, Louvain und Innsbruck 1 Chemie in Wien 2 Pharmazie in Wien 1 Humanmedizin in Österreich 1 Rettungsingenieur in Hamburg 4 Sozialwissenschaften und Pädagogik in Göttingen, Hamburg und Luxemburg (Uni.lu) 1 Geschichte in Luxemburg (Uni.lu) 1 Wirtschaftswissenschaften in Luxemburg (Uni.lu) 1 Tier Management in Leuuwaarden (Niederlande) 1 Transkulturelle Kommunikation in Österreich 2 Dolmetscher in Brüssel 1 International Business in Wien 1 Mediendesign in Mainz

Wie viel hast du in deinen Studien mit folgenden Themen zu tun?



Hast du das Gefühl, dass die SH-Sektion dich gut auf ein Studium vorbereitet hat?



1.2.2.2. Daten vom Centre de Documentation et d'Information sur l'Ens. Supérieur

Tab. 4. Daten zu den Studienrichtungen und -ländern der SH-Absolventen (7)

FORMATION ISCED / PAYS D'ETUDES	Alle-magne	Au-triche	Bel-gique	Luxem-bourg	Pays-Bas	Port-ugal	Royaume-Uni	**Grand Total**
Biologie et biochimie	1	3	1	1		1		**7**
Chimie		1						**1**
Droit		1	1					**2**
Economie		1		1				**2**
Education		1						**1**
Formation des enseignants des niveaux de base				1				**1**
Histoire et archéologie				5				**5**
Inconnu ou non précisé	1							**1**
Ingénierie et techniques apparentées	2							**2**
Langues étrangères	2		2	1			1	**6**
Lettres		1						**1**
Marketing et publicité	1							**1**
Médecine		1		1				**2**
Pharmacie		1						**1**
Philosophie et éthique				1				**1**
Psychologie			3					**3**
Santé	1		5	3	1			**10**
Sciences de l'éducation	1							**1**
Sciences de l'environnement					1			**1**
Sciences sociales et du comportement	1		1					**2**
Sociologie et études culturelles	1							**1**
Soins aux enfants et services pour la jeunesse		1						**1**
Sports	1							**1**
Thérapie et rééducation	2		4			1		**7**
Travail social et orientation	1							**1**
Grand Total	**15**	**11**	**17**	**14**	**2**	**2**	**1**	**62**

1.2.2.3. Auswertung der Daten

Da ich mit meiner Online-Befragung 30 der 69 Studenten persönlich befragen konnte und darüber hinaus von 62 Studenten offizielle Daten über ihre Studienrichtung und ihr Studienland bekommen habe, habe ich Informationen über mindestens 91% der Abiturienten gesammelt. Auch wenn die Gesamtanzahl der Ex-Schüler noch relativ klein ist, so scheinen mir die Resultate deshalb doch zuverlässig zu sein. Hierbei muss man jedoch zugleich klarstellen, dass die Mehrheit der Schüler zwar wohl ein Studium begonnen hat, die Abbruchrate aber gerade im ersten Studienjahr nicht zu vernachlässigen ist (8).

Schaut man sich die gesammelten Daten genauer an, sieht man, dass mindestens 62 der 69 Absolventen für ein Studium angemeldet sind. 38 (62%) der Studierenden haben sich für ein Studium entschieden, welches im erweiterten Sinne mit Gesundheits- oder Naturwissenschaften zu tun hat (siehe Tab. 4, grün gefärbte Studienrichtungen). Dabei studieren 14 (22%) der Ex-Schüler in Luxemburg, 26 (42%) in einem deutschsprachigen und 17 (28%) in einem, überwiegend französischsprachigen Land.

Etwa ein Drittel der Schüler hat oft mit Inhalten der Zellbiologie und der Biochemie zu tun, ein weiteres Drittel gelegentlich. Ich habe sowohl Inhalte der Biochemie als auch der Zellbiologie in meiner Umfrage erwähnt, da manche Vorkenntnisse aus der Biochemie unerlässlich sind, um verschiedene Inhalte der Zellbiologie sinnvoll behandeln zu können. Da die Biochemie zudem auf der 12eSI schon ein Pflichtfach von einer Stunde pro Woche ist, wollte ich die Bedürfnisse nach beiden Fächern gerne vergleichen. Darüber hinaus kommen laut meinen Recherchen (siehe S.71) beide bei einer Vielzahl von unterschiedlichen Studiengängen vor. So kann ich sagen, dass es sicherlich nützlich für die Schüler ist, neben der Biochemie auch die Zellbiologie schon vor dem Studium anzuschneiden.

Des Weiteren haben nur etwa 50% der Schüler angeben, ihrer Meinung nach gut auf ein Studium vorbereitet worden zu sein. Dies hat mich persönlich nur wenig überrascht. Man denke, zum Beispiel, an die Kommentare und Diskussionen diesbezüglich im LTPS, die ich bereits erwähnt habe. Zusätzlich zu dieser klaren Position beziehenden Frage hatte ich den Ex-Schülern die Möglichkeit gegeben, weitere Kommentare und Erfahrungen mit mir zu teilen. Hierbei wiederholten sich manche Aussagen mehrmals, was sicherlich ein Hinweis auf ihre Wichtigkeit ist (siehe Tab. 5).

Alles in allem wird erkennbar, dass die Entscheidung zur Bildung einer SH-Sektion wohl die richtige Wahl war, um manchen Schülern neue Perspektiven zu ermöglichen. Was die Fächer auf der SH-Sektion angeht, so scheinen die bisherigen Änderungen in die richtige Richtung zu gehen, jedoch bedarf es noch weiterer Nachforschungen und Maßnahmen, um den Großteil der Abiturienten gezielter auf ein Studium in den naturwissenschaftlichen Fächern vorzubereiten.

Tab. 5. Zusammenfassung der in der Umfrage gegeben Kommentare		
Aussagen	**Erwähnungen**	**In den Studienfächern**
Es sollte mehr Mathematik auf der 13eSH unterrichtet werden.	6 Mal	Biologie, Chemie, Pharmazie, Wirtschaftswissenschaften
Es sollte mehr Physik und Chemie auf der 13eSH unterrichtet werden.	5 Mal	Biologie, Medizin, Pharmazie
Zellbiologie ist wichtig.	4 Mal	Biologie, Pharmazie, Physiotherapie
Es sollte eine 12eSH geschaffen werden.	3 Mal	Chemie, Pharmazie, International Business
Der „TRAEN“ (Travail d'envergure) *hat mich auf universitäres Arbeiten vorbereitet.*	3 Mal	Ergotherapie, Geschichte, Sozialwissenschaften und Pädagogik
Die Sektion muss spezifischer auf naturwissenschaftliche Studien zugeschnitten werden.	3 Mal	Chemie, Medizin, Psychologie
In punkto Physiologie ist man gut vorbereitet.	3 Mal	Biologie, Ergotherapie, Psychologie
Die Masse an Lernstoff an der Universität ist noch viel größer als auf der 13eSH.	2 Mal	Biologie, Mediendesign
Mein Studium ist auf Französisch, was eine große Umstellung für mich bedeutet.	1 Mal	Ergotherapie

1.3. Problemstellung

Mit meinem Travail de candidature möchte ich auf das Bedürfnis der Abschlussklassen der SH-Sektion nach einem propädeutischen (nach griechisch. pró = vor(her) und paideúein = unterrichten (9)) Unterricht in der Zellbiologie eingehen. Dies bedeutet, dass ich als Ziel habe, ein Curriculum zu erstellen, welches unter Verwendung von moderner Didaktik und Methodik den Schülern einen größeren Wissenserwerb und eine erweiterte Kompetenzentwicklung im Bereich der Zellbiologie ermöglicht und sie so besser auf ihre zukünftigen Studien vorbereitet. Die Schüler sollen demzufolge ein Stück studierfähiger werden, damit sie bessere Chancen auf Erfolg in ihren naturwissenschaftlichen Studien nach dem Abitur haben. Um dieses Ziel zu erreichen war es nötig wie im Folgenden beschrieben zuerst theoretische Recherchen zum Thema durchzuführen, um anschließend ein eigenes Curriculum aufzustellen und dieses vor seiner Einführung zu testen und zu optimieren.

2. Theoretische Grundlagen

2.1. Biologieunterricht in der Oberstufe

2.1.1. Pisa und seine Folgen

Die Resultate der ersten Pisa-Tests waren für das luxemburgische Schulsystem eine Ernüchterung (10) (11). Auch wenn die Resultate solcher vereinheitlichter Standardtests mit Vorsicht zu genießen sind und immer mit einer gewissen Distanz betrachtet werden sollten, so wurde doch deutlich, dass den naturwissenschaftlichen Fächern bisher eine zu kleine Rolle zugeschrieben worden war.

Ein paar Jahre sind mittlerweile seit diesen ersten Resultaten vergangen und die Politik hat sich nicht gescheut zu reagieren (12). Dem naturwissenschaftlichen Unterricht wurden in einer ersten Phase mehr Stunden zugeteilt. So findet man mittlerweile in der Unterstufe bereits auf 7e, anstatt der Biologie allein, eine Mischung von Physik, Chemie und Biologie in Form des Fachs „Sciences naturelles“ vor (13).

An den Universitäten wurden in den Wissenschaftsstudien ebenfalls weitgehende Neuerungen eingeführt. So ist es mittlerweile für alle Studenten der Biowissenschaften unbedingt notwendig neben dem Grundwissen in Biologie, Kenntnisse in Chemie und Physik zu besitzen, genauso wie in Mathematik und Informatik.

In der Oberstufe hingegen hat sich die Situation bis jetzt jedoch kaum verändert. Auch wenn mittlerweile wohl an einer Reform der Mittelstufe im technischen Lyzeum gearbeitet wird, sind größere Veränderungen in den Rahmenlehrplänen bisher ausgeblieben. Es wurden also kaum oder gar keine Stunden für die Wissenschaftsfächer hinzugefügt und auch inhaltlich hat sich nicht sehr viel geändert.

2.1.2. Wissenschaftspropädeutik

Die bisher betriebene und durchaus nötige Wissenschaftspropädeutik in der Oberstufe baut dabei zwangsweise auf den Methoden auf, die die Schüler in der Mittel- und Unterstufe gelernt haben. Dank der erwähnten Einführung der allgemeinen naturwissenschaftlichen Fächer in der Unterstufe in Luxemburg, werden schon früh spezifische Arbeits- und Denkweisen der Naturwissenschaften wie das Beobachten, Aufstellen und Überprüfen von Hypothesen geübt. So können diese besser als noch vor einigen Jahren in der Oberstufe weiterentwickelt und auf einen höheren Ausgangspunkt für das anschließende Studium gebracht werden. Dass dies dringend von Nöten ist, zeigen einige Studien.

Durch Befragungen von Studienanfängern hat Levin 1999 (14) bereits auf Probleme mit der Studierfähigkeit von Abiturienten hingewiesen. Laut seinen Studien sind die meisten vom Wissensstand her ausreichend auf ein Studium vorbereitet, aber es fehlt oft an den wissenschaftlichen Methoden und Lerntechniken. In meinen durchgeführten Umfragen und während den Unterrichtsstunden habe ich ebenfalls festgestellt, dass besonders das Wissen in der Anatomie und Physiologie der Schüler der SH-Sektion wohl ausreichend ist, es aber genau an denen von Levin genannten Fähigkeiten mangelt. Eine Vermittlung bloßen Wissens kann deshalb nicht das Ziel einer Wissenschaftspropädeutik sein. „Learning by doing“ ist ein wichtiges Konzept zum Erwerb der Studierfähigkeit, das es zu adaptieren gilt, da dabei sowohl die Methoden als auch die Inhalte in Zusammenhang

gebracht werden. Damit dies möglich wird und die Schüler somit besser auf spätere Studien vorbereitet werden, sollen die Schüler, laut Staeck (15):

- *„mit der biologischen Fachsprache vertraut werden.*
- *lernen, dass lebende Systeme sehr komplex sind und deshalb zu ihrer Erfassung besondere Herangehensweisen erforderlich sind.*
- *bedeutsame biologische Arbeitsweisen erlernen (wie beschreiben, vergleichen, beobachten, analysieren, zusammenfassen und verknüpfen von Erkenntnissen, interpretieren, planen von Versuchen, experimentieren).*
- *in der Lage sein, Erkenntnisse und Methoden aus den Nachbardisziplinen bei der Bearbeitung biologischer Fragestellungen mit einzubeziehen.“*

Harms et al. (16) betonen ebenfalls, dass im Schulunterricht der instrumentellen Bedeutung der Wissenschaftspropädeutik nicht genügend Aufmerksamkeit zukommt. Im Unterricht wird nicht genügend zwischen den verschiedenen Ebenen der wissenschaftlichen Methodik unterschieden, die verschiedenen Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens werden nicht ausreichend voneinander abgegrenzt. So fällt es den Schülern deutlich schwerer, die einzelnen Phasen des Arbeitens zu erkennen und auf andere Situationen anzuwenden.

Über das Erreichen einer Studierfähigkeit hinaus, reicht es in der heutigen Gesellschaft nicht mehr aus, sein Wissen während der Schulzeit zu erwerben und dann im Beruf anzuwenden. Das Lernen geschieht mittlerweile nicht mehr nur an der Schule, sondern da die Menschen immer wieder mit neuen Situationen, Problemen und Technologien konfrontiert werden, ein Leben lang. Im Gegensatz hierzu findet man in den heutigen Lehrplänen, laut Staeck (15), zu viele Ziele, die sich mit dem kognitiven Bereich beschäftigen, wobei der handlungsbezogene Bereich, also das „learning by doing“, außen vor bleibt (17). Dabei kann man grundsätzlich nicht wissen, welche Kenntnisse und Kompetenzen im Laufe eines ganzen Lebens für jeden Einzelnen eine wichtige Rolle spielen werden. Es ist heute also mehr denn je notwendig, neben dem eigentlichen Wissen auch das Lernen selbst zu lernen. Hierzu hat die UNESCO (18) schon in den 1970er Jahren erste Überlegungen angestellt. Das Problem ist also nicht neu, spitzt sich aber weiter zu. Im Zeitalter der weltweiten Globalisierung steigt zudem die Konkurrenz am Arbeitsmarkt ständig. Nur flexible Arbeitgeber können dem Druck der globalen Märkte standhalten. Eine solche Flexibilität wird ebenfalls von den Arbeitnehmern erwartet, welches das Erwerben von neuen Kompetenzen zusätzlich wichtigmacht (19) (20). Auch wenn Diplome noch immer ihre Anerkennung finden, so sind sie keine Garantie mehr für einen erfolgreichen Einstieg und das Verweilen in der Berufswelt. Hier spielen mittlerweile zumindest in demselben Maße das Können und die Bereitschaft, sich an neue Situationen anpassen zu können, eine große Rolle.

Die angestrebte Studierfähigkeit, die durch die wissenschaftliche Propädeutik erreicht werden soll ist also zusammengefasst eine Antwort auf neue Bedürfnisse des Arbeitsmarkts und versucht zu gleich ein handlungsbezogenes, effektiveres und sinnvolleres Lernen zur erreichen.

Die Umwandlung eines Bildungssystems kann sich allerdings nicht auf die Schnelle vollziehen. Im Jahre 2010 hat die EU zum Beispiel zur Entwicklung neuer Kompetenzen einen Bericht "New Skills for new jobs: action now" (21) veröffentlicht, welcher eine Vision des Arbeitsmarkts für 2020 vorhersieht und die damit einhergehenden nötigen neuen Ausrichtungen bei der Ausbildung darstellt. 2011 wurden von Säävälä (22) die auszubildenden Schlüsselkompetenzen in Curricula auf einem Workshop der EU-Kommission vorgeschlagen. Diese und weitere Überlegungen der internationalen Politik haben durchaus auch eine direkte oder indirekte Wirkung auf die nationalen Curricula. Zum einen müssen die neuen Vorgaben aus der Politik integriert werden, zum anderen müssen sie ebenfalls an die Bedürfnisse der Gesellschaft und der Arbeitgeber angepasst werden. So werden also Reformen notwendig, (35) die größtenteils auf der Globalisierungspolitik aufbauen.

2.2. Ziele eines modernen Biologieunterrichts

In meiner Arbeit möchte ich besonders auf die Zellbiologie eingehen. Da es jedoch nur wenig spezifische Literatur hierzu gibt, werde ich im Folgenden über den modernen Biologieunterricht im Allgemeinen diskutieren und versuchen die verschiedenen Aspekte mit Beispielen aus der Zellbiologie zu illustrieren.

Die Quantität an Wissen in den Biowissenschaften ist in den letzten Jahrzehnten enorm angestiegen. Bei kaum einem Bereich des täglichen Lebens kann man keine Verbindung zur Biologie herstellen. Logischerweise müssten der Biologie eigentlich mehr Stunden zugeordnet werden als bisher. Dies ist jedoch kaum umzusetzen, da auch die Wichtigkeit anderer Fächer nicht außer Acht gelassen werden darf und die Zahl der Schulstunden pro Woche nicht ins Unendliche ansteigen kann. Um einen modernen Biologieunterricht zu schaffen, muss man demzufolge mit einer begrenzten Anzahl an Schulstunden zu Recht kommen und versuchen in diesen so effektiv zu arbeiten wie möglich.

Was das Arbeiten, also das Lehren und Lernen angeht, so hat die Zellbiologie, wie alle naturwissenschaftlichen Fächer, das hypothetisch-deduktive Verfahren zur Erkenntnisgewinnung gemeinsam. Hierbei gilt es jedoch auf die Besonderheiten der Didaktik der Zellbiologie einzugehen und diese bei der Erstellung der Unterrichtseinheiten zu beachten.

Laut Harms et al. (16) sollten folgende Grundelemente im Biologieunterricht enthalten sein:

- *„Prinzipien lebender Systeme: Sie beschreiben die spezifischen Eigenschaften aller lebenden Systeme wie Struktur-Funktions-Zusammenhänge, Stoff- und Energiewechsel, Reizverarbeitung, Reproduktion, Vererbung."*
  Beispiel: Aufbau und daraus resultierende Funktion der einzelnen Bestandteile einer Zelle (Organellen)

- *„Ebenen lebender Systeme: (...) Mit ineinander in Wechselwirkung stehende Systeme verschiedener Organisationsebenen (...).“*
  Beispiel: Aktin- und Myosinfilamente einer Muskelzelle, die zusammen mit anderen Zellen Muskelfasern bilden, welche einen Muskel ausmachen, welcher zum Bewegungsapparat des Menschen gehört.
- *„Diversität lebender Systeme: (...) Biodiversität durch Evolution und Artenvielfalt.“*
  Beispiel: Die Vermehrung und Differentiation aller Zellen eines Menschen aus einer einzigen befruchteten Eizelle heraus
- *„Evolution lebender Systeme: Geschichte zur Entstehung“*
  Beispiel: Die Vererbbarkeit der mitochondrialen DNS

Besonders der letzte Punkt ist erwähnenswert. Während die Grundlagen in der Anatomie und der Physiologie erklären, *wodurch* ein Lebewesen an seine Situation angepasst ist, spricht man im Unterricht weniger oft über das *wozu*. Dabei sind alle Lebewesen an ihre besonderen Lebenssituationen angepasst. Hier ist das Element der Evolution zu nennen, was aber in vielen Lehrplänen außen vor gelassen wird. Laut Spörhase (23) ist es jedoch gerade nötig „*eine unterrichtliche Unterscheidung zwischen Zweckursachen und Wirkungsursachen zu machen“*. Bei alledem ist die Evolutionstheorie die durchgehende und umfassende Theorie der Biologie, auf der jede Unterrichtseinheit aufbauen kann. Auch die Aussage von Theodosius Dobzhanski (24) *“Nothing in biology makes sense except in the light of evolution”* verdeutlicht dies. Da alle Biosysteme eine Geschichte haben, gilt es sich ebenso mit dieser zu befassen, um die Systeme in ihrem Ganzen begreifen zu können. In der Zellbiologie kann man so beispielsweise wirkungsursachlich erklären, wie Mitochondrien im Detail aufgebaut sind, damit sie als Kraftwerke der Zelle die nötige Energie zur Verfügung stellen können. Zusätzlich sollte man daraufhin dann unbedingt die Endosymbiontentheorie erwähnen, um dem gelieferten Wissen zweckursachlich einen zusätzlichen Sinn zu geben.

Um das Verständnis der vier oben genannten Grundelemente zu sichern, ist es außerdem wichtig, die Komplexität der biologischen Inhalte durch eine klare Strukturierung der Themen in bestimmte Gebiete wie die Zellbiologie, Ökologie, Stoffwechselbiologie, Neurobiologie, usw. einzuteilen. So kann durch das Ordnen der Materie der Lernprozess für den Schüler vereinfacht werden. Da besonders im Unterricht sehr oft Details im Vordergrund stehen, welche von den Lernenden erst richtig zugeordnet werden müssen, können diese sich so besser orientieren. Wenn das Basiswissen in diesen Fächern gefestigt ist, sollte man dann noch unbedingt übergreifende Zusammenhänge einführen, um einen transdisziplinären Unterricht zu fördern, welcher andere benötigte Fähigkeiten erfordert und fördert.

Auch die Komplexität von einzelnen biologischen Phänomenen stellt oftmals ein Problem für die Schüler dar. Schon auf Zellebene finden sehr viele verschiedene molekulare Prozesse gleichzeitig statt. Das Verständnis vieler dieser einzelnen Teilprozesse ist notwendig, um die Gesamtheit verstehen zu können. Da es länger dauert als

eine Unterrichtsstunde, um die verschiedenen Prozesse zu analysieren und zu lernen, müssen die Unterrichtsstunden umso gründlicher geplant werden und es muss eine globale Übersicht erstellt werden, um zu verhindern, dass man sich in Details verliert. Dies verlangt eine besondere Aufbereitung des Stoffs durch den Lehrer.

Insgesamt können alle Ziele eines modernen Biologieunterrichts in drei Kategorien eingeteilt werden. So sollen entweder das Individuum selbst, die Gesellschaft oder langfristig die Biowissenschaften einen Erkenntnis- beziehungsweise einen Wissenszuwachs erhalten. Laut dem Verband Deutscher Biologen (25) ist das Hauptlernziel des Biologieunterrichts, dass "*die Schüler in die Lage versetzt werden, in Situationen, die biologische Kenntnisse erfordern, sachgemäße Urteile zu fällen und biologische Kenntnisse bei der Bewältigung von Lebenssituationen einzusetzen*. " Dabei fordert Klafki (26) ergänzend: „*Unsere Aufgabe [...] ist es, Kinder und Jugendliche dazu anzuregen und sie dabei zu fördern, erkenntnisfähig, sensibel, d.h. mitempfindungsfähig, urteilsfähig und handlungsfähig für ihre Gegenwart und ihre Zukunft zu werden."*

Empirische Studien, die ebenfalls für dieses Umgestalten sprechen, basieren sich auf den Beliebtheitsgrad der Biologie bei den Schülern. Dieser ist wegen einiger weniger ansprechenden Inhalte und traditioneller Lehrmethoden viel schlechter als allgemein von Lehrern angenommen. (27). Positiv für die Zellbiologie sowie für die im LTPS behandelte Physiologie ist dabei, dass die Schüler insgesamt ein hohes Interesse an der Humanbiologie zeigen, während andere Punkte, wie die Pflanzen- oder Umweltkunde, sie insgesamt weit weniger interessieren (28). Der Erfolg einer Unterrichtseinheit hängt zu einem sehr großen Teil von diesem Interesse der Schüler an einem Thema ab. Ziel eines modernen Biologieunterrichts muss es also auch sein, bei den Lernenden ein größeres Interesse für die Biologie zu schaffen, damit die Schüler sich mit der großen Vielfalt der Biologie beschäftigen. Ist das Interesse erst geweckt, so sind die Schüler viel eher bereit, sich mit einem Thema genauer zu befassen und ihre Konzentration darauf zu fokussieren.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich ein moderner Unterricht in der Zellbiologie an den Grundideen für den allgemeinen Biologieunterricht orientieren soll. Beim Aufstellen des Curriculums werde ich also besonders darauf achten die besonderen Eigenschaften der in der Zellbiologie behandelten Strukturen in Verbindung mit ihren Funktionen zu setzen und Beziehung mit den Inhalten aus anderen Fächern herzustellen. Weiterhin gilt es darauf aufzupassen, dass die Planung und Strukturierung der Unterrichtseinheiten einen zusammenhängenden Sinn ergibt. Zudem sollen sowohl die Zweck- als auch die Wirkungsursachen bei jedem Thema angesprochen werden. Diese Maßnahmen sollen daraufhin ein größeres Interesse bei den Schülern für den naturwissenschaftlichen Unterricht wecken, damit ein Wissenszuwachs möglich wird. Im Folgenden werde ich deshalb genauer auf das sinnvolle Lernen und das Herstellen von Verknüpfungen zu anderen Fächern eingehen.

2.2.1. Sinnvolle Kontexte schaffen

In der Oberstufe hatte die Biologie früher ihre Schwerpunkte weniger in der Absicht der Vermittlung von Allgemeinwissen als auf der Transmission von Fachwissen, um die Schüler auf weiterführende, sehr spezifische Studien vorzubereiten. Heute hingegen ist es neben dieser Wissensvermittlung gerade wichtig über das Fachwissen hinaus auf die Bedeutung der Biologie für das persönliche und gesellschaftliche Leben einzugehen. Dies erklärt sich durch die Vielzahl von Bereichen, in denen ein Grundwissen in der Biologie heute benötigt wird. Das Erreichen einer biologischen Fachausbildung und einer Studierfähigkeit ist demnach nur noch eines von zwei Bildungszielen. Auch wenn die meisten Schüler einer 13eSH das Ziel haben, ein wissenschaftlich geprägtes Studium zu absolvieren, so wird doch lediglich ein zu vernachlässigender Teil der Schüler sich nur dem Studium der Zellbiologe widmen. Es muss daher in einem modernen Unterricht zum einen darum gehen ein wissenschaftliches Allgemeinwissen zu vermitteln und zum anderen auch die Arbeits- und Denkweisen, die auf alle möglichen Lebensbereiche übertragen werden können.

Als Ausgangspunkt der Suche nach einem sinnvollen Unterricht basiert man sich normalerweise zunächst einmal nur auf den Inhalt, denn es gilt zuerst die Frage zu beantworten, *was* man vermitteln möchte, bevor man sich mit dem *wie* beschäftigen kann. Bei der Suche nach geeigneten Inhalten für den Unterricht in der Zellbiologie steht als Erstes eine Relevanzanalyse auf dem Programm. Um sich darüber klar zu werden, welche Aspekte wichtig sind, hilft es, sich auf drei Relevanzkriterien zu beziehen. Dies sind jeweils die Fach-, Schüler- und Gesellschaftsrelevanz. Wird zumindest einer dieser drei Kriterien beachtet, so können die Schüler besser motiviert werden, sich sowohl gedanklich wie auch handelnd auf das Geschehen im Unterricht einzulassen (29) (30).

Bei der Schülerrelevanz geht es darum, dass die im Unterricht präsentierten Inhalte möglichst interessant für die Schüler sind. Dies kann erreicht werden, indem ein Thema mit den Erfahrungen und dem Alltag der Schüler verknüpft wird. So wird der Unterricht für die Schüler zugänglicher und sie können leichter Interesse für ein Thema entwickeln. Eine klare Demonstration, warum gerade jener Prozess oder jene Entdeckung das Leben der Schüler täglich beeinflusst, kann zum Beispiel sehr motivierend wirken (31). Zur Ermittlung der Schülerinteressen kann man auf eine direkte Befragung durch Gespräche oder Tests zurückgreifen oder sich an den allgemeinen durch Erfahrung bekannten Interessen der Schüler orientieren. Das Problem hierbei ist jedoch, dass die Schülerinteressen von Jahr zu Jahr, wie auch von Klasse zu Klasse, wechseln können. Der Lehrer muss also mittels regelmäßiger Befragung herausfinden, welche genau die schülerrelevanten Inhalte darstellen. Da es nicht “den Schüler” gibt, kann man hierbei keine verallgemeinernden Aussagen treffen, schon gar nicht ohne Informationen über seine Klassen gesammelt zu haben.

Unterrichtsinhalte müssen nicht nur für den Schüler selbst ein Gewicht haben, sondern sollen auch das Interesse der Gesellschaft am Fach widerspiegeln. Bei der Gesellschaftsrelevanz geht es um zwei Dinge: Erstens sollen die Schüler befähigt werden an gesellschaftlichen Prozessen wie der Politik, der Arbeitswelt oder Diskursen eigenständig teilzunehmen. Es sind die jetzigen Schüler, die später einmal ein Teil der Arbeitswelt und der Politik

sein werden. Deshalb gilt es die Schüler so vorzubereiten, dass sie sich nahtlos in die Gesellschaft einfügen und Probleme bewältigen können. Zu solchen gesellschaftlich relevanten Themen zählen in der Zellbiologie besonders die Diskussionen um die Gentechnik und die Gentherapie sowie viele weitere bioethische Fragen. Zweitens sollen die Schüler lernen, dass bestimmte Werte und Regeln einer Gesellschaft schützenswert sind. Diese wurden über eine lange Zeit mühsam aufgebaut und können schnell wieder verloren gehen. Da der Schulunterricht heute auch eine große Rolle bei der Erziehung der Jugendlichen spielt, ist es wichtig zu besprechen, warum es diese Werte gibt und weshalb man sie respektieren sollte. Während die biologischen Inhalte meist im Rahmenlehrplan verankert sind, fehlt es in den meisten Curricula hier an präzisen Angaben wie und welche solcher Werte zu vermitteln sind. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die meisten von affektiver Natur und dadurch schwer definierbar und bewertbar sind.

Nicht zuletzt muss bei den Unterrichtsinhalten auch geprüft werden, ob sie eine Relevanz für das Fach selbst darstellen. Hierbei sollten die Inhalte entweder dafür sorgen, dass dank ihnen das Grundverständnis des Fachs erweitert wird oder durch sie weiterführende Studien betrieben werden können. Besondere Beispiele sind Inhalte, die repräsentativ für andere Themen in der Biologie sind. So können die Prinzipien dieses Fachs und der Naturwissenschaften im Allgemeinen verdeutlicht werden. Hierzu kann man in der Biologie die Notwendigkeit zur Reproduzierbarkeit von Experimenten zählen sowie die Wertefreiheit und die notwendige Objektivität des Forschenden. So erwarten die Schüler gleichermaßen, dass der Lehrende ihnen erklärt, warum bestimmte Punkte behandelt werden und was diese Themen ihnen im späteren Beruf oder bei Studien nutzen können (32).

Sowohl die Schüler- als auch die Gesellschafts- und Fachrelevanzen werden üblicherweise als Hilfe benutzt, um eine Auswahl bei den Inhalten zu treffen. Dabei ist jedoch Vorsicht geboten. Zum einen können sich Schülerinteressen sehr schnell verändern, zum anderen ist aber auch die Wichtigkeit von Inhalten für eine Gesellschaft ebenfalls äußerst schwer fassbar, da man eine Gesellschaft selbst nur schwer definieren kann. Die Fachrelevanz ist ebenfalls nur schwer zu definieren, weil es viele Spezialgebiete in der Biologie gibt und in der Schule immer nur ein sehr kleiner Teil des gesamten wissenschaftlichen Wissens gelehrt wird. Zudem bleibt zu bemerken, dass die drei Relevanzen sich nicht gegenseitig ausschließen müssen, sondern sich im besten Falle ergänzen sollten. So bleibt die Auswahl der richtigen Inhalte und Methoden immer noch ein Prozess, der viel Interpretationsarbeit und Antizipation verlangt. Dieser ist allerdings wichtig um ein sinnvolles Lernen zu ermöglichen. Laut Spörhase-Eichmann et al. ist „*in der Relevanzanalyse [...] der Lehrende somit als Experte des Faches und des fachspezifischen Lernens gefordert und muss sowohl auf vertiefte biowissenschaftliche Kenntnisse als auch auf Kenntnisse aus Biologiedidaktik zurückgreifen".* Der Lehrer ist also sowohl als Wissenschaftler wie auch als Pädagoge gefordert.

2.2.2. Aufbau von interdisziplinärem Wissen

In den Wissenschaftsfächern werden die Inhalte bei der Themenwahl oft in bestimmte Themengebiete eingezwängt, die zu einem bestimmten Fach passen. Hierbei wird häufig ein Thema aus einem bestimmten Gesichtspunkt einer einzelnen Disziplin betrachtet, ohne dass Zusammenhänge mit anderen Fächern angestellt werden. Ein Beispiel für die Biochemie, beziehungsweise die Zellbiologie, kann hier die Proteinsynthese darstellen, mit der dazugehörigen Transkription und Translation. Dieses Wissen wird sowohl auf 10e/11ePS wie auch auf 12eSI vermittelt, dessen Inhalte können aber später in dem Fach der Zellbiologie auf 13eSH von den Schülern nur bedingt korrekt wiedergegeben werden. Unter diesen Voraussetzungen fällt es den Schülern demnach oft schwer, sich ein zusammenhängendes Bild von den Naturwissenschaften zu machen. Sie können den Nutzen eines bestimmten Themas nicht erkennen und so wird das gerade aufgebaute Wissen sehr schnell wieder vergessen.

Die Einteilung der Themen für eine bessere Übersicht kann jedoch für die Schüler auch erstmal positiv sein. Laut Audigier (33) geht es bei der Schaffung von spezifischen Schulfächern darum, bestimmte Inhalte leichter zu kategorisieren, um sie später besser evaluieren zu können. Auf höheren Stufen des Kenntnisgewinns wird dieses Einteilen, wie im oben genannten Beispiel, jedoch als negativ betrachtet, da keine Verbindungen zwischen den Fächern hergestellt werden. Manche der heute in den Curricula aufgeführten Kompetenzen setzen jedoch gerade dieses voraus, da es sich um transversale (übergreifende) Kompetenzen (34) handelt. Dabei ist es schwer festzulegen, ob und in welchen Fächern eine transversale Kompetenz bewertet werden soll, da immer Wissen und Fähigkeiten abgeprüft werden, welche die Schüler sich nicht nur in einem Fach angeeignet haben.

Ein anderer Aspekt, der für die Vernetzung von naturwissenschaftlichen Fächern spricht, ist, dass in der Forschung die biologischen Modelle und Konzepte immer mehr durch quantitative Daten analysiert werden. Dies bedeutet für die nächsten Generationen von Wissenschaftlern, dass sie auf Methoden aus anderen Wissenschaftsfächern zurückgreifen müssen, um die Menge an Daten bewältigen zu können. So kommt es, dass für die Biowissenschaften Kenntnisse in der Physik, Mathematik und Informatik heute schon wichtig sind und in Zukunft unabdingbar werden. Darüber hinaus können auch Schüler, die nicht direkt im Gebiet der Biowissenschaften arbeiten möchten, von dieser Interdisziplinarität profitieren, da sie ein größeres Allgemeinwissen aufbauen können. Zur besseren Übersicht beschreibe ich als nächstes zuerst das inter-biologische und dann das inter-wissenschaftliche Wissen.

2.2.2.1. Inter-biologisches Wissen

Heutige Studiengänge in den Biowissenschaften beschäftigen sich hauptsächlich mit den molekularen und zellulären Ebenen der Physiologie. Die Curricula der Universitäten sind sehr auf diese Bereiche fokussiert, da es diese Bereiche sind, in denen am meisten in die Forschung investiert wird. Dies erklärt sich dadurch, dass in diese Forschungsgebiete am meisten Gelder zur Verbesserung der allgemeinen menschlichen Gesundheit durch die Privatindustrie und staatliche Fördermaßnahmen fließen. Andere Subdomänen der Biologie können jedoch

während der Studien gleichwohl auch eine wichtige Rolle spielen und komplementär zu den Hauptdisziplinen sein. So kann zum Beispiel die Pharmakologie von dem Wissen der Botanik profitieren oder die Genetik von der Populationsbiologie.

Für die Biologie an sich ist es demzufolge interessant, auch inter-biologisches Wissen aufzubauen, um verschiedene Domäne miteinander zu vernetzen und bekanntes Wissen aus zwei Domänen miteinander zu verknüpfen. So lassen sich dann leichter neue Antworten auf komplexe Fragen finden. Für den Oberstufenunterricht gestaltet dies sich ähnlich. Dadurch, dass die Schüler das Wissen aus verschiedenen Fachgebieten der Biologie sowie die geschichtlichen und aktuellen Aspekte mit dem sich anzueignenden Fachwissen verbinden, bekommt ein behandeltes Thema für sie selbst zusätzliche Relevanz. Es bietet sich diesbezüglich ebenfalls an, in der Oberstufe von heutigen Wissenschaftlern zu berichten und auf ihre Arbeit im Labor oder im Feld einzugehen, um auf über den Tellerrand der Schule hinauszublicken. Zusammenfassend sollte vom Lehrer, jedes Mal wenn es sich anbietet, davon profitiert werden, Verbindungen zwischen ähnlichen Themen in der Biologie herzustellen.

2.2.2.2. Inter-wissenschaftliches Wissen

Ähnlich wie mit dem inter-biologischen, verhält es sich in der Theorie mit dem inter-wissenschaftlichen Wissen. Schaut man sich allerdings inländische wie auch ausländische schulische Curricula an, so ist eine Koordination chemischer und biologischer Inhalte oftmals nicht vorhanden. Biologielehrer müssen häufig erst die Kenntnisse der Schüler in der Chemie auffrischen oder gar neu installieren, bevor sie mit ihrem eigentlichen Unterricht beginnen können. Ein besonderes Beispiel stellen hier alle metabolischen Prozesse dar, bei denen Vorkenntnisse aus der Chemie von hohem Nutzen wären. Diese Koordinationslosigkeit ist eigentlich nicht verständlich, da gerade die modernen Biowissenschaften sehr eng mit der Chemie zusammenarbeiten. So ist es in den heutigen biologischen Forschungslaboren absolut unerlässlich, ein Verständnis der Chemie zu besitzen, denn die moderne Molekularbiologie und Zellbiologie basieren auf dem Verständnis der Chemie und den chemischen Reaktionen zwischen den Genen und den zellulären Strukturen. Ein Schüler, der die biologischen Prozesse der Zelle verstehen möchte, braucht daher eine solide Basis in der organischen Chemie. Die Chemie wiederum könnte von der Biologie profitieren, um den Schülern lebensnahe Beispiele von Molekülen und Reaktionen zu liefern. Den Ausbau der Verbindungen zwischen Biologie und Chemie betrachte ich aus diesen Gründen als absolut notwendig.

Die Physik stand früher vor allem im Dienste der Mathematiker und der Ingenieure. Jedoch ist es mittlerweile auch für Biologiestudenten von Vorteil, wenn sie sich in diesem Fach auskennen. Besonders an der Universität Luxemburg werden von den Biologiestudenten erweiterte Kenntnisse in der Physik gefordert. (35) Während in der Mathematik und der Physik Beispiele oftmals mit wenigen Variablen auskommen, sieht dies in der Biologie meist ganz anders aus. Lebende Systeme sind sehr komplex und enthalten demnach extrem viele Variablen, was verschiedene physikalische Prozesse schwer nachvollziehbar macht. Es bedarf folglich einer soliden

Grundausbildung in der Physik, um biologische Prozesse physikalisch erklären zu können. Das Übertragen von Impulsen von Neuronen über weite Strecken hinweg und das Bedürfnis nach einer Verstärkung der Signale durch die Ranvier-Schnürringe stellt nur ein Beispiel dar, welches man mit dem Physikunterricht verbinden könnte.

Das Verständnis komplexer Prozesse ist normalerweise charakteristisch für das Vorgehen von Ingenieuren. Ein funktionierendes System mit vielen Komponenten zu erstellen oder nachzustellen, zeigt, dass ein Wissenschaftler die einzelnen wichtigen Elemente in einem System versteht, und nachvollziehen kann, wie diese zusammenarbeiten. Zum Studium eines bestimmten Systems in der heutigen Biologie, zum Beispiel der Wirkungsweise von bestimmten Aktivatoren der Transkription in einer Zelle, ist es nötig ein System nachzubauen, um die Funktion der einzelnen Komponenten verstehen zu können. Dies ist einfacher als ein reales komplexes System zu analysieren, da es in einem nachgebauten System keine unbekannten Komponenten gibt. Wie der Aufbau eines Systems mit all seinen Komponenten nachher zu einem funktionierenden Ganzen wird, ist normalerweise die Erklärungsaufgabe von Ingenieuren. Es ist also an der Zeit, auch die Vorgehensweisen von Ingenieuren mit in die Biologie zu integrieren. Als besonderes Beispiel für die Zellbiologie könnte man hier den Einfluss von Diffusionskräften auf die Form von Zellen angeben. So ist es sowohl in der Humanbiologie als auch in der Zellbiologie wichtig, dass die Schüler eine Vorstellung davon haben, wie verschiedene Stoffe zwischen Zellen oder innerhalb von Geweben ausgetauscht werden, welche Kräfte eine Rolle spielen und wie diese Kräfte mit den in der Zelle enthaltenen Strukturen und der Zellmembran in Verbindung stehen. Die Denkweisen des Ingenieurswesens gehören also ebenfalls in den Biologieunterricht integriert.

Spätestens seit der Entschlüsselung des gesamten menschlichen Genoms mit Hilfe der Informatik ist klar geworden, dass sowohl diese wie auch die direkt mit ihr verbundene Mathematik eine große Rolle für die Biowissenschaften spielen wird. Zu den Aufgaben dieser beiden Domänen gehören bereits heute die Aufstellung von Statistiken, Modellen und dem Handling großer Datensätze. Betrachtet man die angebotenen Studiengänge der Universitäten, so zeigt sich dies besonders in den nach dem Bachelor weiterführenden Mastern. Viele der Universitäten bieten ganz bestimmte Masterstudiengänge in der Biologie an, die sich auf die Informatik und die Datenverarbeitung konzentrieren. Ein Beispiel ist hier der von der Universität Luxemburg angebotene „Master in integrated systems biology“ (36). Auch Elisabeth John, welche für das Scienteenslab im Luxembourg Centre for Systems Biomedicine arbeitet, erwähnt, dass diese Studiengänge immer wichtiger werden. So sollten die Biologielehrer den Schülern zugleich den Gebrauch des Computers samt der Datenverarbeitung vermitteln.

Interessanterweise hat man bei Studien, laut Jürgens und Schieber (37), herausgefunden, dass nach Schülerangaben ein fächerübergreifender Unterricht für die Schüler selbst keinen nennenswerten Gewinn darstellt. So ziehen viele Schüler einen traditionellen Unterricht einem fächerübergreifenden vor. Grund dafür ist, dass die Schüler zwar einen vernetzten Handlungs- und Problemorientierten Unterricht vom Ablauf her bevorzugen, sie aber zugleich befürchten, dass bei diesen Unterrichtsformen die Vorbereitung auf Klassenarbeiten zu kurz kommt. Sie müssen nämlich autonomer lernen und dies sind viele nicht gewohnt. Das fächerübergreifende Arbeiten wird somit von den Schülern nicht direkt als etwas Positives bewertet. Dabei ist

es für das Erkennen von Zusammenhängen durchaus wichtig, über die Fächergrenzen hinweg Inhalte vernetzen zu können. Um den Schülern dies zu verdeutlichen, ist es meiner Meinung nach nötig, sie mit Problemstellungen zu konfrontieren, bei denen sie, wenn sie ihr Wissen aus nur einem Fachbereich beziehen, unfähig sind die Lösung des Problems zu finden. Aufgrund solcher Problemsituationen, welche eine Vernetzung des Wissens zwingend voraussetzen, erscheint ein fächerübergreifender Unterricht logischerweise sinnvoll für die Schüler und so werden sie diesen auch eher akzeptieren.

2.3. Entwicklung eines Curriculums

Nachdem wir nun wissen, dass ein moderner propädeutischer Unterricht sowohl sinnvoll, wie auch vernetzt sein muss, gilt es herauszufinden, wie man dies in einen Curriculum einbauen kann. Laut Roegiers (2) fallen beim Aufbau eines Curriculums generell vier Faktoren ins Gewicht:

Der erste Faktor befasst sich mit den politischen, sozio-ökonomischen und kulturellen Bedürfnissen, die ein Curriculum sowohl direkt als auch indirekt beeinflussen können. Oft geht von diesen Bedürfnissen überhaupt erst der Impuls durch die Politik nach einem neuen Curriculum aus. Dabei handelt es sich um die Suche nach der Antwort auf die Frage, wie man die Schüler besser auf das Leben nach dem Abitur vorbereiten kann. In den letzten Jahren hat sich dabei vielfach die Verwendung von Kompetenzen als nützlich erwiesen. Deren Einführung sollte jedoch keine Diskussion über die Notwendigkeit von Wissen auslösen. Bei der Einführung der Kompetenzen geht es lediglich darum, das gelernte Wissen in der Tat auch anwenden zu können. Im weiteren Verlauf meiner Arbeit werde ich auf diesen Punkt noch genauer eingehen.

An zweiter Stelle stehen die Bedürfnisse der Schüler. Sie sollen eine Ausbildung erhalten, die ihnen sowohl als Bürger wie auch als Arbeitnehmer eine Zukunft bieten kann. Nach Studien von Newton et al. (32) wollen Studenten keine Flexibilität beim Lehrer oder den zu erreichenden Lernzielen. Genauso wenig wollen Studenten, dass ihr Studium zu einfach ist, weil es so an Wert verliert. Anstelle von diesen Eigenschaften wünschen sich Studenten klar definierte Regeln, an die sich jeder zu halten hat und realistische Lernziele, die erreichbar sind. Dabei spielt die Wahl der Methoden durch den Lehrenden, mit denen die Ziele erreicht werden sollen, eine wichtige Rolle.

Die Bedürfnisse der dritten Kategorie sind jene, die durch das Lehrinstitut festgelegt werden. So muss ein Curriculum so aufgebaut sein, dass es die Ressourcen eines Instituts voll ausnutzen kann, ohne diese dabei zu überlasten, besonders was Zeit und Geld angeht. Außerdem ist es für ein Institut wichtig, dass der Spalt zwischen den Bedürfnissen der Arbeitswelt und den angebotenen Kursen so gering wie möglich ausfällt, um die Schüler bestmöglich auszubilden.

Als letzter Faktor kann das Bedürfnis der Gesetze genannt werden. Diese müssen sowohl von der Politik als auch vom Lehrinstitut und von den Erstellern des Curriculums eingehalten werden.

Durch neu auftauchende Bedürfnisse, welche aus den obengenannten Faktoren heraus entstehen, wird es notwendig, ein Curriculum zu überarbeiten oder neue Curricula aufzubauen. Hierbei bedarf es vieler verschiedener Entscheidungen. Es müssen die Lernziele wie auch die Lerninhalte, die didaktischen Aspekte, die einzusetzenden Medien und anzuwendenden Methoden, sowie die Lernerfolgskontrollen definiert werden. In Deutschland sind es Verbände wie der Verband Biologie (VBio) (38) oder der Deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (MNU) (39), die Empfehlungen für die Rahmenlehrpläne aussprechen. In den USA gibt es die American Association of advancment in science (AAAS) (40), welche sich ebenfalls mit curricularen Verbesserungen beschäftigt. In Luxemburg ist es hauptsächlich der

Verein Association des Biologistes Luxembourgeois (ABIOL) (41), der sich für eine Förderung der Biowissenschaften stark macht und seine Empfehlungen für neue Curricula ausspricht. Da es jedoch, relativ zu anderen Ländern gesehen, nur wenige Biologielehrer in Luxemburg gibt, erleichtert sich die Kommunikation und der Austausch zwischen externen Spezialisten und internen schulischen Curriculum-Gruppen erheblich, da hierzulande oft dieselben Biologen in diesen vorkommen.

Angesichts der vielen Entscheidungen beim Aufbau eines Curriculums stellt sich die Frage, ob man sich die Mühe machen sollte, ein neues Curriculum völlig neu zu entwickeln oder ob man ein neues Curriculum doch lieber auf einem alten aufbauen sollte. Die Antwort ist dabei relativ simpel. Da ein neues Curriculum nur entwickelt wird, wenn die Bedürfnisse sich so stark verändert haben, dass ein neues nötig wird, ist es an sich nicht angebracht, ein neues Curriculum auf einem alten aufzubauen. Es ist wesentlich besser, von vorne zu beginnen, da die Evolution des Wissens, der modernen Pädagogik und der Technologien die vorherigen Curricula schnell verstaubt aussehen lassen. Mit einem neuen Curriculum hingegen hat man alle Freiheiten, die es einem erlauben sich an die aktuellen Gegebenheiten anzupassen und auf die entstandenen Bedürfnisse einzugehen. Natürlich wäre es trotzdem ein Fehler sich nicht zu informieren, was es schon alles gibt, um sich daran zu inspirieren.

Wie sollte man nun vorgehen, um ein Curriculum aufzubauen? Zwei Elemente sind unabdingbar, wenn es darum geht ein Projekt sinnvoll zu organisieren. Zum einen braucht man ein klares Ziel und man muss wissen, wie man dieses erreichen kann. Zum anderen muss man ständig kontrollieren, ob man sich noch auf dem richtigen Weg befindet. Ersteres muss mithilfe eines Dialogs mit Curriculum-, Fach- und Berufs-Experten aufgestellt werden. Letzteres findet in der Pädagogik bekanntermaßen durch Evaluationen statt. So wird das in einer ersten Phase neu aufgestellte Curriculum zahlreichen Evaluationen unterzogen, damit geprüft werden kann, ob die sich gesteckten Ziele erfüllt werden.

Ein Curriculum kann normalerweise nicht nur durch eine einzige Person aufgestellt werden, sondern es bedarf eines ganzen Teams. Ein besonderer Bedarf besteht an Experten und Beratern, mit Hilfe deren Wissens und derer Ratschläge das Curriculum aufgestellt und verbessert werden kann. Dies können sowohl schulinterne als auch externe Berater sein; besonders auch Menschen aus den Berufen selbst. Indem man sich auf diese bezieht, kann man auf andere Blickwinkel zurückgreifen und so möglicherweise Bedürfnisse der Arbeitgeber herausschälen, welche auf Schulebene nicht sofort sichtbar sind. Ebenso kann man infolge dieser Einbindung eine spätere Kritik am Curriculum vermeiden. Es wäre demnach ein Fehler nur Experten auf dem Gebiet der Curriculumaufstellung zu fragen. Fourez (42) schreibt dazu „*Un programme scolaire ne se structure pas autour d'une rationalité scientifique, mais autour d'un projet de société*. "

Was die Inhalte des Curriculums angeht, so gibt es mehrere Anforderungen die laut Demeuse und Strauven (2) erfüllt sein sollen. Ein Curriculum muss Rahmenrichtlinien enthalten, welche ausreichend sind, damit der Benutzer eigenständig alle Inhalte des Curriculums verstehen kann. Auf neue oder schwierige Aspekte ist besonders hinzuweisen. Ein Curriculum muss darüber hinaus gut lesbar und möglichst kurz gehalten sein, damit

alle Punkte klar und deutlich verstanden werden können. Dabei muss man sich jeweils die Frage stellen, wie viel Quantität an Informationen von Nöten ist und wie die Informationen formuliert sein müssen, damit die späteren Benutzer diese ohne Probleme verstehen.

2.3.1. Etappen der Curriclumentwicklung

Schaut man sich ein „Programm“ aus der luxemburgischen Datenbank der existierenden Programme des Ministeriums an (43), so könnte man davon ausgehen, dass dieses in sehr kurzer Zeit aufgestellt wurde. Dieser Trugschluss lässt sich dadurch erklären, dass ein Programm relativ wenig Text enthält, um so den Benutzer möglichst schnell und übersichtlich zu informieren. Bis es zur Veröffentlichung dieses Programms kommt, braucht es jedoch einer nicht geringen Anzahl an Zwischenetappen. Im Folgenden werde ich genauer auf diese eingehen.

2.3.1.1. Evaluation à priori der initialen Version

Zuerst wird eine initiale Version des Curriculums durch den Verantwortlichen aufgestellt. Im späteren Verlauf meiner Arbeit, werde ich auf die inhaltlichen Aspekte dieser Version noch eingehen. Auf die erste Aufstellung folgt eine qualitative Bewertung dieser Originalversion. Das Hauptziel ist es dabei herauszufinden inwieweit das aufgestellte Curriculum auf die sich gesteckten Ziele zutrifft und inwiefern man die Inhalte sowie auch die Präsentation des Curriculums noch weiter verändern muss.

Um eine Evaluation zur ermöglichen, muss der Aufsteller des Curriculums Methoden finden, wie ein Curriculum am effektivsten bewertet werden kann. Hier bietet sich eine Reihe von Möglichkeiten an. Die beste und gleichzeitig zeitaufwendigste Methode ist ein semi-strukturiertes Gespräch mit den Bewertenden. Hierbei sollen mehrere Fragen gestellt werden, die die Validität des Curriculums überprüfen. Die Einhaltung der Reihenfolge der Fragen ist dabei nicht das wichtigste. Es geht vielmehr darum, möglichst viel Input zu erhalten. So sollte man sich eine Reihe an Fragen zurechtlegen. Der Fokus sollte jedenfalls vom Interviewten gesetzt werden, damit dieser auf die Punkte eingehen kann, die ihm am wichtigsten erscheinen. Dadurch kann man schwerpunktartig verschiedene Aspekte der Arbeit und die größten Kritikpunkte am effektivsten ansprechen. (44) Neben dieser Methode findet man klassischere, wie das Ausfüllen von Fragebögen und das Abarbeiten von Checklisten, wieder.

Welche Elemente überprüft werden sollen, hängt sicherlich stark vom Unterrichtsfach ab, doch kommen einige Punkte in allen Curricula vor. So stellt sich als Erstes die Frage, ob das Curriculum für das Zielpublikum geeignet ist und deren Bedürfnisse durch das Curriculum abgedeckt werden. Dabei sollte einerseits bewertet werden, ob die Inhalte des Curriculums von Relevanz sind und ob es nahtlos in die vorhergegangenen Curricula mit ähnlichen Themengebieten auf anderen Unterrichtsstufen passt. Auch sollte geprüft werden, ob das Curriculum zur Allgemeinbildung der Schüler beiträgt und zu der Spezialisierung der Schüler passt. Die praktische Umsetzbarkeit des Curriculums bildet einen weiteren Punkt, der nicht außer Acht gelassen werden sollte. Im Übrigen sollte die inhaltliche Kohärenz zwischen den Themen innerhalb des Curriculums, wie auch die Kohärenz mit den anderen

Fächern diskutiert werden. Sowohl die didaktische und methodische Aktualität, wie auch die Aktualität der Themen muss besprochen werden. Weitere Elemente sind die finanziellen Bedingungen, die es benötigt, um das Curriculum applizieren zu können sowie die Lesbarkeit des Curriculums für Außenstehende.

Nach dieser Evaluation à priori muss es zu einer Anpassung des Curriculums kommen, bei der die besprochenen Probleme behoben werden. So wird dann eine Qualitätssicherung ermöglicht.

2.3.1.2. Erste Durchführung

Nach der Überarbeitung der initialen Version können bei der ersten Durchführung entweder das ganze oder auch einzelne Teile des Curriculums einem Test unterzogen werden. Hier soll die Durchführbarkeit des Curriculums in der Realität analysiert werden. Man versucht valide und zuverlässige Informationen zu sammeln, um das Curriculum im Anschluss erneut verbessern zu können. Normalerweise wählt man zur erstmaligen Durchführung eines Curriculums nicht das gesamte Zielpublikum aus, sondern zwischen vier und zehn Klassen mit ungefähr jeweils 30 Schülern. So erreicht man eine signifikante Repräsentativität.

Die erste Durchführung eines Curriculums ist an sich eine Art von Experiment. Während das Experimentieren in den Wissenschaften gang und gäbe ist, so ist dies in der Schule weniger gern gesehen. Die Schüler sollten nicht als Versuchstiere angesehen werden da ihre Zukunft von den schulischen Leistungen abhängt. Unterdessen ist ein Experimentieren in einem gewissen Maße unabdingbar um zu brauchbaren Resultaten zu kommen. Wer nichts Neues versucht wird nie innovative Ideen testen können und durch den Stillstand der Curricula verlieren diese nach und nach den Bezug zu den realen Bedürfnissen. Ein gewisses Maß an Experimentieren ist also von unweigerlicher Notwendigkeit.

Bei der ersten Durchführung versucht man herauszufinden, ob die vorgesehenen didaktischen Prozesse an das Zielpublikum angepasst sind und ob sie auch vom Lehrenden umgesetzt werden können. Des Weiteren geht es darum herauszufinden, ob alle Bedingungen in der Realität erfüllt sind, um das Curriculum umsetzen zu können. So gilt es auch herauszufinden, ob die Themenbereiche auf die Interessen, das Alter und den psychologischen Entwicklungsstand der Schüler zugeschnitten sind. Außerdem soll geprüft werden, ob das Curriculum tatsächlich in der Praxis umsetzbar ist. Hier wird geprüft, ob tatsächlich alle Bedingungen, wie Materialien und Ausbildung der Lehrenden ausreichend sind, um die gewünschten Lernfortschritte bei den Schülern erzielen zu können. Außerdem kann man sich fragen, ob das Volumen an die Stundenzahl angepasst ist und die Reihenfolge der aufeinanderfolgenden Themen wie im Curriculum festgelegt eingehalten werden kann.

Bei der ersten Durchführung des Curriculums geht es also darum, zwei Arten von Informationen zu sammeln. Zum einen bedarf es Informationen, die auf realen Fakten basieren und so eine quantitative Bewertung des Curriculums ermöglichen. Diese Daten sollten möglichst so gesammelt werden, dass sie nicht durch externe Faktoren, wie einer schlechten Auswahl der Test- und Kontrollgruppe, verfälscht werden.

Zum anderen bedarf es ebenfalls des Gewinns von subjektiveren Informationen, wie die Meinung der Lernenden und Lehrenden zum Curriculum und der Frage, ob die Vorstellungen der Befragten durch das Curriculum erfüllt wurden oder nicht. Bei der Erfassung der Daten kann man auf die gemachten Beobachtungen während des Unterrichts zurückgreifen. Diese Möglichkeit des aktiven Erlebens des ausgearbeiteten Curriculums erlaubt laut De Landscheere (2) Probleme klarer zu definieren, birgt aber auch immer die Gefahr, zu subjektiv zu sein.

Nach der Erfassung der Daten gilt es auch diese auszuwerten und so eventuelle Veränderungen an der ersten Version des Curriculums vornehmen zu können.

Eine der wichtigsten Fragen, die man sich zum Abschluss der ersten Durchführung stellen muss, ist, ob der durchgeführte Unterricht kompatibel mit einer realen Klassensituation ist. Beim Testen eines Curriculums investiert der Lehrende oft mehr Energie und Zeit in die Vorbereitung und Durchführung des Unterrichts als es in einer alltäglichen Schulsituation möglich ist. Es geht demgemäß darum, festzulegen, ob das durchgeführte Curriculum in der gleichen Art von allen Lehrern durchgeführt werden kann und welche Einschnitte gegebenenfalls gemacht werden müssen.

2.3.1.3. Einführung der finalen Version

Im Unterschied zu den ersten Versionen wird die finale Version des Curriculums nicht nur von Leuten angewendet werden, die mit an seiner Erschaffung beteiligt waren. Um zu garantieren, dass das Curriculum so wie vorgesehen in der Praxis angewandt wird, bietet es sich daher an, den neuen Anwendern eine Fortbildung zum Unterrichtsfach mit seinen spezifischen Eigenschaften zu geben.

Zusammenfassend kann man sagen, dass ein neues Curriculum Antworten auf neu entstandene Bedürfnisse geben soll. Um auf diese Bedürfnisse zu reagieren, müssen sich die Aufsteller erst dieser bewusst werden. So werde ich mit Hilfe von Diskussionen und Umfragen versuchen, die Bedürfnisse der Schüler, des LTPS und den weiterführenden Studienfächern zu analysieren. Anschließend gilt es die Inhalte des Curriculums so zu gestalten, dass sie diese Bedürfnisse befriedigen. Dies muss im Austausch mit der gesamten Ausbildung, wie auch der Studien- und Berufswelt geschehen. In meiner Arbeit werde ich hierbei die Rahmenlehrpläne verschiedener Studiengänge unter die Lupe nehmen und mich mit Wissenschaftlern über die benötigten Kompetenzen und Kenntnisse in ihrem Beruf unterhalten. Zudem gilt es zur Qualitätssicherung die einzelnen Etappen der Curriculumentwicklung zu respektieren und sie, soweit es zeitlich möglich ist, nacheinander abzuarbeiten.

Wer ein Curriculum aufstellen möchte, der steht vor der Frage, *wie* er seine Erwartungen an den Unterricht zu Papier bringen und *was* er mit anderen teilen soll. Nachdem wir diskutiert haben *wie* die einzelnen Etappen der Curriculumentwicklung auszusehen haben, geht es anschließend um den Inhalt des Curriculums.

2.3.2. Auswahl des Einstiegs

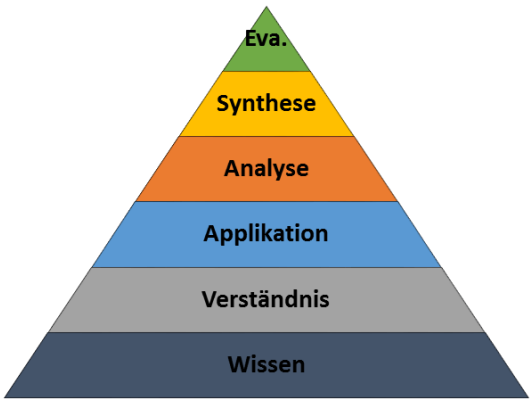
Ganz am Anfang stehen die Nachforschungen darüber, welche Themen nach welchen Methoden in einem bestimmten Fach gelehrt, beziehungsweise gelernt werden sollen. Der Inhalt steht hierbei sicherlich immer in Verbindung mit den Methoden. Da man hingegen mit einem von beiden beginnen muss, werde ich mich mit den Inhalten erst in einem späteren Abschnitt befassen und mich zuerst auf die Methoden konzentrieren. Hierbei bleibt zu bemerken, dass in der Theorie beide Aspekte räumlich voneinander getrennt behandelt werden. In der Praxis ist dies dagegen nicht der Fall, da hier beide koexistieren müssen und somit beide zeitgleich ausgearbeitet werden.

Um das Lernen zu definieren, gibt es momentan drei verschiedene Herangehensweisen, welche alle ein gemeinsames Ziel haben, aber andere Wege bieten, um dieses zu erreichen. Roegiers (2) spricht von drei möglichen „*modes d'entrée*", also Einstiegen, nicht zu verwechseln mit den verschiedenen Einstiegsmöglichkeiten in eine Unterrichtseinheit (siehe S.42) :

1. Der Einstieg über die Inhalte
2. Der Einstieg über die pädagogischen Ziele
3. Der Einstieg über die Kompetenzen

Historisch betrachtet befassten sich die ersten Curricula nur mit der Definition von Inhalten. Dieser traditionelle Weg des Einstiegs geht davon aus, dass Wissen sich vom Wissenden auf den noch nicht Wissenden überträgt. Dabei ist der Unterricht linear und entwickelt sich vom Schwierigkeitsgrad her vom Einfachen zum Komplexen. Da der Wissende alles weiß und der nicht Wissende nichts, ist der Unterricht sehr stark auf die Lehrperson konzentriert. Die induktiven und deduktiven Methoden spielen hierbei eine Hauptrolle. Bei der Evaluation geht es darum, möglichst genau das Wissen wiederzugeben, welches der Lehrer gelehrt hat und dieses in ähnlichen Situationen anzuwenden. Bei diesem Einstieg ist besonders die zertifikative Evaluation geeignet, da entweder nach einzelnen Kapiteln oder ganz am Ende des Schuljahres das gelernte Wissen zu einem bestimmten Zeitpunkt geprüft wird. Komplexe Prozesse, wie die Analyse oder Synthese von Informationen, werden nicht geprüft. Diese Methode der Wissensvermittlung, welche besonders das lineare Lernen fördert, wurde oft kritisiert, da sie die Aufmerksamkeit zu stark auf den Lehrer lenkt. Außerdem gibt es kaum Abwechslung in den Lernphasen, welches die intellektuelle Passivität der Schüler zusätzlich fördert. Es ist jedoch falsch, wenn man glaubt, diese Methode hätte gar keinen Platz mehr in einem heutigen Unterricht. An einigen Schlüsselmomenten, wie einer Einleitung zu einem Thema oder eine Erklärung der auszuführenden Schülertätigkeiten, an denen eine klare Instruktion von Nöten ist, kann es sich als durchaus effektiv erweisen, diese Methode zu benutzen.

Anders als der Einstieg über die Inhalte definiert der Einstieg über die pädagogischen Ziele nicht nur das Wissen, das der Lehrer vermitteln soll, sondern zielt auch darauf ab, dass dieses Wissen vom Schüler verinnerlicht wurde und bei ihm abgeprüft werden kann. Diese Methode des Einstiegs wurde in den 1960er Jahren eingeführt. Sie stellt die Inhalte in den Hintergrund, während die Lernziele in die erste Reihe rücken. Ein Problem dieser Vorgehensweise ist die schier unendliche Anzahl an Zielen, die es gibt. So kann man immer nur die wichtigsten eingrenzen und diese überprüfen. Die "Taxonomy of Educational Objectives" von Bloom (45) kann dabei helfen, die Lernziele einzugrenzen und genauer zu definieren. Bloom teilt dabei die intellektuellen Aktivitäten ihrer Komplexität nach ein. Das bloße Wissen und dessen Reproduzierbarkeit bildet die Basis, welche zwar intellektuell gesehen nicht sehr anspruchsvoll, jedoch als Fundament unerlässlich ist. Dem bloßen Wissen übergeordnet steht das Verständnis, d.h. Wissen in seinen eigenen Wörtern wiedergeben und erklären zu können. Daran schließen sich die Anwendung (Applikation) und die Analyse von Problemen an. Die zwei höchsten Klassen sind die Synthese von neuem Wissen und die Evaluation dieses Wissens.



Blooms Taxonomie der Lernziele (108)

Laut Killermann et al. (29) versteht man unter Lernziel „*die Beschreibung des durch Unterricht herbeizuführenden Endverhaltens, das der Schüler nach dem Lernprozess zeigen soll*." Der Einstieg über die Lernziele charakterisiert sich daher dadurch, dass das Lernen durch den Schüler erfolgen muss. Dabei erfolgt das Lernen von einfachen Überlegungen hin zu komplexeren, also erneut linear. In Deutschland wurde der lernzielorientierte didaktische Ansatz erstmals von Christine Möller (46) entwickelt. Dabei lassen sich alle Ziele in drei bestimmte Domäne einteilen. Die kognitive Domäne betrifft alle Ziele, die sich auf die Kenntnisse eines gewissen Inhalts und intellektuelle Fähigkeiten beziehen. Die sozio-affektive Domäne bezieht sich auf ein Individuum und die Relationen, wie Interessenlagen, persönliche Einstellungen und Werthaltungen, die es zwischen diesem Individuum und seiner Umwelt gibt. Die psychomotorische Domäne befasst sich mit dem Körper der Person und deren motorischen sowie manipulatorischen und technischen Fähigkeiten (47).

Die Aufstellung von Lernzielen hat sich vor allem für die kognitive Domäne bewährt. So ordnet man heute die Lernziele der kognitiven Dimension meist nach aufsteigender Komplexität. Diese Dimension ist leichter zu bewerten als die affektiven und psychomotorischen Dimensionen, da die Kriterien der Evaluation schwieriger zu definieren sind. Positiv an dieser Einstiegsmethode ist, dass der lernzielorientierte Unterricht schülerorientiert ist. Da die Lernziele nicht vom Lehrer, sondern vom Schüler erreicht werden müssen, steht dieser im Mittelpunkt der Überlegungen.

Weiterhin werden mithilfe der Formulierung der Unterrichtsziele mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllt. So werden, was die Lernziele betrifft, die ministeriellen und gesetzlichen Forderungen im Curriculum wieder klar aufgegriffen. Die Lernziele helfen außerdem den Lehrenden den Schwerpunkt eines Themas bei der

Vorbereitung einer Unterrichtseinheit genau platzieren zu können. Die Planung des Unterrichts wird somit klarer und kontrollierbarer. Auch das abgestufte, Kumulative Lernen wird durch eine Abgrenzung der Lernziele auf verschiedene Klassenstufen möglich. So kann das gleiche Thema auf verschiedenen Niveaus behandelt werden und der globale Wissenserwerb mit Hilfe des kumulativen Lernens gesteigert werden. Dabei kann der Unterricht trotz genauer Planung flexibel bleiben, indem mehrere alternative Wege zum Erreichen der Lernziele vorgeschlagen werden. Schlussendlich können sowohl Lehrende als auch Lernende mittels Einsicht der Lernziele immer wieder selbst kontrollieren, ob die angewandten Vorgehensweisen geeignet sind, um die Lernziele zu erreichen oder ob eine neue Ausrichtung von Nöten ist. Die formative Evaluation und die dazugehörigen Hilfeleistungen (fr. remédiation) spielen hierbei eine wichtige Rolle.

Eine dritte Einstiegsmöglichkeit ist die über die Kompetenzen. Dies ist die neueste Möglichkeit und viele der aktuellen Curricula basieren darauf. Es geht hier nicht mehr prinzipiell darum, was gelernt werden soll und ob es gelernt wurde, sondern vielmehr, wie dieses Gelernte in neuen Situationen angewandt werden kann. Diese Vorgehensweise stammt ohne Zweifel aus der Ökonomie, in der es für einen Arbeitnehmer heute immer weniger wichtig ist, welche Diplome er besitzt, sondern wie man auf neue, noch nie dagewesene Probleme schnell und effektiv, demzufolge kompetent, reagieren kann. So sagt Crahay (48): *„Un savoir qui ne se traduit pas en possibilité d'accomplir une tâche est un savoir mort".*

Beim Einstieg über Kompetenzen vollzieht sich die Evaluation, im Gegensatz zu den beiden anderen Einstiegen, in einer anderen Form. Eine Evaluation anhand von Kompetenzen kann an sich nicht durch eine standardisierte Evaluation erfolgen, da der Lernprozess selbst bewertet wird. Da jeder Lernende sich auf einer anderen Stufe des Lernprozesses befindet, können hier nicht alle Schüler genau gleich bewertet werden. Perrenoud (49) spricht sogar von der Unmöglichkeit einer solchen Evaluation. Demeuse und Strauven gehen weniger weit, gestehen aber ein, dass eine solche Bewertung sehr viel Zeit in Anspruch nimmt und empfehlen in diesem Fall die Erstellung von Portfolios, in denen die Lernfortschritte der Schüler dokumentiert werden. Dabei stellt die Evaluation sich nicht als einseitig dar, vielmehr untersuchen Evaluierender und Evaluierter zuerst, jeder für sich, und anschließend zusammen, aufgrund eines Vergleichs den Lernfortschritt. Man spricht also eher von einer „*Co-Evaluation*" als von einer Bewertung im klassischen Sinne. Beide Autoren bedauern, dass die Reform der Curricula oft nur die zu entwickelnden Kompetenzen beschreiben, jedoch nur wenige Informationen für die Lehrer über die Evaluation preisgeben und so den Erfolg des Unterrichts mitunter gefährden.

Welche Einstiege kommen für ein neues Curriculum in Frage? Der Einstieg über die Inhalte scheint heute überlebt zu sein. Die Gesellschaft des 21. Jahrhunderts unterscheidet sich stark von der des vorherigen Jahrtausends und bloßes Wissen reicht nicht mehr aus, um in der heutigen Welt erfolgreich zu sein. Dies mag vielleicht daran liegen, dass Wissen heute jedem zugänglich ist und dies auf eine Art und Weise, wie wir es uns vor Jahren nicht hätten träumen können. Sicherlich spielt der Drang zu der bereits erwähnten Globalisierung und des „Life Long Learnings", aber auch eine große Rolle.

Es gilt sich infolgedessen zwischen dem Einstieg über die pädagogischen Ziele und dem Einstieg über Kompetenzen zu entscheiden. Zu den bereits erwähnten Argumenten für und gegen beide Einstiege kann man hinzufügen, dass ersterer zur pädagogischen Strömung des Behaviorismus passt, während letzterer zum Konstruktivismus gezählt werden kann. So wird bei der Definition von Unterrichtszielen der Fokus auf das Produkt gesetzt und darauf, wie dieses bewertet werden kann. Bei der Definition von Kompetenzen geht es dabei vielmehr um den Prozess, wie ein Ziel erreicht wurde, um den zurückgelegten Weg. Die Linearität des Lernens, die bei den Lernzielen verfolgt wird, findet man nicht bei den Kompetenzen wieder. Anstatt bei einem Thema die Punkte nach steigender Komplexität zu ordnen, wird der Lernende sofort mit der gesamten Situation oder dem Problem konfrontiert. So muss dieser sich selbst einen Überblick verschaffen und die Informationen so verwalten, dass er damit arbeiten kann. Dieser Schritt wird bei den Lernzielen vom Lehrer übernommen.

Schaut man sich einige der heutigen luxemburgischen und deutschen Curricula an, sieht man, dass viele auf beide Einstiege aufgebaut sind. Oft geht es darum, bestimmte, klar definierte Wissensziele zu erreichen. Doch dies reicht nicht aus. Es braucht laut Demeuse und Strauven (2) noch zwei weitere Aspekte in einem Curriculum. Zum einen sollte ein Curriculum auf die transversalen, zum anderen auf die integralen Kompetenzen aufbauen. Hierbei muss man wiederum entscheiden, ob man sich eher auf die ersteren oder auf die letzteren konzentrieren soll. In der aktuellen pädagogischen Welt wird momentan mehr Wert auf die letzteren gelegt, da diese sich besonders gut eignen, um ein sinnstiftendes Lernen zu fördern. Dabei sollte eine Schule, die die Schüler auf weiterführende Studien vorbereitet, vermehrt auf die transversalen Kompetenzen Wert legen. Es ist nämlich diese Art von Kompetenzen, welche die Schüler studierfähig macht. Eine Schule, die dagegen auf das relativ frühe Berufsleben und das Bewältigen des Alltagslebens hinarbeitet, sollte sich eher an den integralen Kompetenzen orientieren.

Für zielgerichtete, also integrale Kompetenzen, oder für das Arbeiten mit Lernzielen spricht die Art und Weise der Bewertung der Schüler. So ist es viel schwieriger, bei einer summativen Evaluation transversale Kompetenzen zu überprüfen, als einige wenige Lernziele.

Gegen die Verwendung von Lernzielen in Curricula kann man einwenden, dass eine präzise Auflistung von Lernzielen der Lehrperson eine zu geringe pädagogische Freiheit lässt. Außerdem muss darauf geachtet werden, dass die Lernziele nicht zu sehr aufgespalten werden. Eine zu große Anzahl würde nämlich zu einer unnötigen Verschlechterung der Lesbarkeit des Curriculums führen.

Als weiteres Gegenargument kann man sagen, dass operationalisierte Lernziele es nicht erlauben, dass der Lernende die im Unterricht angeschnittenen Themen und verwendeten Methoden mitbestimmt. Das stärkste Argument gegen die Verwendung von Lernzielen ist jedoch, dass diese sich hauptsächlich auf überprüfbares Verhalten stützen. Hierbei entfallen somit oftmals die affektiven und die psychomotorischen Dimensionen des Lernens komplett. Auf das Rücksichtnehmen dieser Dimensionen muss besonders im Curriculum geachtet werden, da sie wichtig für die Relevanzkriterien sind. Sie müssen also extra im Curriculum erwähnt werden.

Bei der Entscheidung über die Einstiegsmethode spielt die Klassengröße im Übrigen eine Rolle. Bei allen Arbeitsmethoden, bei denen die Aktivität hauptsächlich von den Schülern ausgehen soll, stellt sich das Problem einer großen Schüleranzahl in einem zumeist relativ kleinen Klassensaal. Laut Roegiers (1) gibt es zwar Studien, die beweisen, dass erst bei einer Schüleranzahl von mehr als 35 Schülern die Anzahl der Schüler einen negativen Einfluss auf das Lernen hat, da erst dann die Größe der Gruppe als negativer einzuschätzen ist als die Anzahl an Interaktionen, die zwischen der Vielzahl an Lernenden entsteht. Umgekehrt bestehe bei Klassen mit weniger als 12 Schüler ein Mangel an Interaktionen und anscheinend oft ein Desinteresse des Lehrers wegen der geringen Schüleranzahl. Was meine persönlichen Erfahrungen angeht, so möchte ich dem widersprechen, da gerade wenn es um eine gesteigerte Schüleraktivität geht, das Unterrichten mit einer großen Anzahl an Schülern eine extreme Stresssituation für den Lehrer darstellt. Dieser kann sich nur einen Bruchteil der Zeit für den einzelnen Schüler nehmen und so wirkt sich, meiner Meinung nach, die Klassengröße jenseits der 24 Schüler negativ auf den Unterricht aus. Diese Zahl könnte mittels einer optimalen Unterrichtsvorbereitung und zusätzlichen Stunden zur individuellen Diskussion eventuell noch gesteigert werden, ist aber in der realen Unterrichtswelt nicht umsetzbar. Soll ein kompetenzorientierter Unterricht trotzdem auf Klassen mit sehr vielen Schülern umgesetzt werden, dann müssen die Bedingungen dem angepasst werden. So kann man auf eine nur begrenzte Zahl von Kompetenzen eingehen. Die Kriterien der Bewertung müssen zugleich reduziert werden, um die Zeit, die für eine Bewertung zur Verfügung steht, nicht überzustrapazieren. Auch das Verbinden der Kompetenzbewertung mit traditionelleren, summativen Evaluationen kann Zeit einsparen, genauso wie die Vereinfachung der beim Kompetenzsystem obligatorischen Nachhilfe (fr. remédiation). Ob dann das Ziel eines kompetenzorientierten Unterrichts in seiner ursprünglichen Form noch aufrechterhalten werden kann, ist indessen zu bezweifeln.

Für welchen Einstieg sollte man sich nun entscheiden? Die auf Wissen und transversalen Kompetenzen aufbauenden Curricula sind nicht dazu gedacht, direkt auf das soziale Leben und auf die Berufswelt vorzubereiten. Sie zielen hauptsächlich darauf ab, den Schülern das Wissen zu vermitteln, welches sie für weiterführende Studien benötigen. Laut Perrenoud (50) benötigten Curricula von zukünftig Studierenden daher eine andere Herangehensweise als Curricula von Schülern, welche auf die Berufswelt vorbereitet werden sollen. So beziehen sich die derzeitigen Reformen mit der Tendenz zur Verwendung von integralen Kompetenzen weniger auf die Schüler, welche im Anschluss an ihr Abitur universitäre Studien verfolgen, sondern mehr auf jene, welche direkt auf dem Arbeitsmarkt zurechtkommen müssen. Es geht jedenfalls nicht darum, unbedingt alle Curricula auf Kompetenzen aufzubauen, sondern nur jene, bei denen die Bedürfnisse besser mit Hilfe von Kompetenzen abgedeckt werden können als durch Wissens- oder Lernziele. Ein Curriculum muss allem voran einen Sinn ergeben und im Einklang mit den Bedürfnissen der Schüler sowie den gesetzten bildungspolitischen Faktoren sein. Die Auswahl des Einstiegs ist ein Mittel zum Zweck und nicht umgekehrt.

Abschließend sollte man es, laut Roegiers (51), auf jeden Fall vermeiden, die verschiedenen Möglichkeiten des Einstiegs (Inhalte, Lernziele und Kompetenzen) miteinander zu vermischen. Dies sei ein Fehler der öfters

gemacht würde, mit dem Ziel dem Curriculum-Benutzer das Leben zu vereinfachen, indem man ihm mehrere Anhaltspunkte liefert, auf denen dieser seinen Unterricht aufbauen kann. Dabei ist das Gegenteil der Fall. Das Lesen eines solchen Curriculums wird deutlich schwerfälliger. Wenn man in einem Curriculum sowohl von Lernzielen, transversalen wie auch integralen Kompetenzen und Fähigkeiten spricht, so muss jeder einzelne dieser Punkte klar definiert, der eine von dem anderen abgegrenzt und alle miteinander zu einem großen Ganzen verbunden werden. Es spricht jedoch nichts gegen zusätzliche Gedanken und Vorschläge in einem Curriculum. Allein der Einstieg sollte klar definiert sein und sich auf eine einzige der drei hier erwähnten Möglichkeiten beziehen. So erwähnen Demeuse und Strauven (2): *„Une qualité fondamentale d'un curriculum est d'être lisible par ses utilisateurs. Il y a des choix de paradigmes à effectuer. Choisir [...] signifie renoncer, ou en tout cas privilégier"*.

Da sowohl die Lernziele wie auch die Kompetenzen in der Unterrichtswelt benutzt werden, werde ich im Folgenden näher auf beide eingehen. Ich erhoffe mir durch diese Analyse mehr Klarheit über deren Verwendung in der aktuellen Realität des Unterrichts zu erhalten und so weitere pro/kontra Argumente zu finden.

2.3.2.1. Lernziele

Unterrichtsziele beschreiben, laut Mayer (23), *„den angestrebten Lernerfolg, das intendierte Ergebnis eines Curriculums, eines Unterrichts oder einer Lehrsequenz."* Anhand von Unterrichtszielen wird verdeutlicht, welche Fähigkeiten und Kenntnisse der Lernende mit Hilfe der Lerninhalte aufbauen bzw. sich aneignen soll, und weshalb ein bestimmter Inhalt relevant ist.

In der deutschen Literatur unterscheidet man zwischen verschiedenen Lernzielstufen, welche sich im Grade der Abstraktion voneinander unterscheiden. Allem übergestellt sind demnach die Leitziele; sogenannte allgemeine Bildungsziele, welche die Schulbildung in ihrem Ganzen betreffen und deren Ausrichtung und Entwicklung festlegen, aber auch visionäre Ziele enthalten, die zur Weiterentwicklung und Qualitätssteigerung des Unterrichts herangezogen werden können. Diese werden normalerweise durch das zuständige Ministerium gesetzlich verankert.

Den Leitzielen untergeordnet sind die Richtziele, die auf ein bestimmtes Unterrichtsfach abzielen. Sie beschreiben die zu erreichenden Lernfortschritte in diesem Fach. Gleichzeitig sind es richtungsweisende, normative Ziele, die den Unterricht ein ganzes Schuljahr über betreffen. Hat der Lehrende einen großen Spielraum, so spricht man generell von Richtzielen. Auf der gleichen Ebene kann man auch das hierzulande für jedes Fach formulierte „Programme" ansiedeln. Dieses ist ausführlicher als die Richtziele. Die Lernziele werden genauer vorgegeben, genau wie die Inhalte, die Schüler- und Lehreraktivitäten und die Formen der Bewertung. Programme werden mit Hilfe von nationalen Kommissionen vorgeschlagen und durch das Ministerium anhand großherzoglicher Reglements festgelegt (52).

Teilweise ebenfalls in den luxemburgischen Programmen wiederzufinden sind die Grobziele, welche die Absichten einer Unterrichtseinheit oder eines Themas im Groben beschreiben. Sie enthalten eine Verhaltens-

und eine Inhaltskomponente. Erstere beschreibt das Verhalten, welche die Schüler nach dem Lernprozess vorzeigen sollen. Letztere gibt an, in welcher Situation oder bei welchem Thema der Schüler das festgelegte Verhalten zeigen soll.

Die letzte Stufe ist die der Feinziele. Sie beschreiben bestimmte Ziele, die innerhalb einer Unterrichtssequenz oder einer einzelnen Unterrichtsstunde zu erreichen sind. Bei ihnen hat der Lehrende einen größeren Spielraum zur Verfügung als bei den Grobzielen. Die Feinziele können in den Curricula vorgeschlagen werden. Sie sind jedoch meist nicht bindend und können dementsprechend selbst vom Lehrenden weiter ausgearbeitet werden. Sie ermöglichen dem Lehrenden also eine gewisse pädagogische Freiheit in der Durchführung seiner Unterrichtsstunden. Feinziele werden, wie schon beschrieben, in kognitive, psycho-motorische und sozio-affektive Lernziele eingeteilt. Sie haben zum einen, einen inhaltlichen, zum anderen einen handlungsorientierten Aspekt. So sind in ihnen sowohl die Inhalte festgelegt, welche in einer Unterrichtseinheit zu behandeln sind, als auch die Methoden, wie die Inhalte von den Schülern gelernt werden sollen und wie das Erreichen der Unterrichtsziele überprüft werden kann.

Zum Erreichen der Lernzielvorgaben gibt es mehr als nur einen Weg. Dieser wird über die Verwendung von angemessenen Inhalten, Methoden und Medien, teils vom Curriculum, teils von der Lehrperson definiert. Für die genaue Formulierung von Zielen auf jeder Stufe kann man sich generell nicht auf die höhergelegene Stufe basieren, da man mehr Informationen benötigt als diese Stufe hergibt (53) (54). So beschreiben Leitziele zum Beispiel, dass ein gebildeter Staatsbürger sich gesundheitsfördernder und gesundheitsschädlicher Prozesse bewusst sein sollte. In den Richtzielen kann dieses Thema dann aufgegriffen werden, indem man das Thema Fettleibigkeit vorsieht. Grobziele zu diesem Thema wären für das Fach der Zellbiologie eventuell die Mechanismen des Fett-Metabolismus auf zellulärer Ebene, wie auch das Studium der Organellen, die mit diesem Stoffwechsel zu tun haben. Man könnte auch auf die zellulären Probleme bei den zwei verschiedenen Typen von Diabetes eingehen. In den Feinzielen würde man anschließend definieren, mit welchen Methoden die Grobziele behandelt werden sollen.

Durch die Operationalisierung von Unterrichtszielen kann man sehr präzise Angaben machen, welche Dinge im Unterricht gelernt werden sollen. Ein Unterrichtziel kann als operationalisiert betrachtet werden, wenn nach Mager (55), *„ein beobachtbares und somit messbares Lernverhalten angegeben wird.“* Dabei gilt es zu beachten, dass das, was der Lehrende lehrt, nicht mit dem gleichzusetzen ist, was der Lernende lernt. Oftmals gibt es hier Unterschiede und so können auch die Lernergebnisse nie alle Lehrziele erreichen.

Ein Lernziel sollte demzufolge das angestrebte beobachtbare Lernverhalten beschreiben, die Gegenstände und Situationen angeben, mit beziehungsweise *in* denen dieses Verhalten sichtbar werden soll und darüber hinaus festlegen, ab welchem Wert ein Verhalten als genügend gilt.

2.3.2.2. Kompetenzen

Wie bereits diskutiert, sollte ein moderner Biologieunterricht vor allem sinnvoll für den Schüler sein und interdisziplinäres Wissen aufbauen. Dieses Wissen soll der Schüler anschließend im Alltag oder bei weiterführenden Studien anwenden können, um Probleme zu lösen. Laut Kliene (56), werden die *„bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und vertrauensvoll nutzen zu können"* als Kompetenzen definiert. Neben vielen weiteren, wie zum Beispiel die des Ministère de l'éducation nationale (57): "*Le terme compétence est pris au sens large: l'aptitude à réaliser une tâche ou à résoudre un problème dans un contexte professionnel déterminé en mobilisant des acquis de tous ordres."* erscheint mir diese Definition von Kliene als die kompletteste und angemessenste Definition für meine Arbeit. Wie bereits beschrieben geht es bei dem Umgang mit Kompetenzen mehr um den Weg der Problemlösung als um das alleinige Aneignen von Wissen des Wissens wegen. Ziel ist somit ein sinnstiftendes Lernen, wobei man sich hier an den schon erwähnten Relevanzkriterien orientieren kann. Laut Harns et al. (16) kann man von Kompetenz sprechen:

„wenn gegebene Fähigkeiten der Schüler genutzt werden,

wenn auf vorhandenes Wissen zurückgegriffen werden kann bzw. die Fertigkeit gegeben ist, sich Wissen zu beschaffen

wenn zentrale Zusammenhänge der Domäne verstanden werden

wenn angemessene Handlungsentscheidungen verstanden werden

wenn bei der Durchführung der Handlungen auf verfügbare Fertigkeiten zurückgegriffen wird

wenn dies mit der Nutzung von Gelegenheiten zum Sammeln von Erfahrungen verbunden ist und wenn aufgrund entsprechender handlungsbegleitender Kognitionen genügend Motivation zu angemessenem Handeln gegeben ist."

Das Schlagwort ‚Kompetenzen' wird seit einiger Zeit zur Steigerung der Qualität im Bildungssystem benutzt. So werden oftmals neue, kompetenzbasierte von alten, wissensbasierten Curricula und Lernformen unterschieden. Dabei kommt es sehr oft zu Diskussionen zwischen den Verfechtern der alten und der neuen Curricula. Hierbei wird allerdings vergessen, dass beim Erwerb von Kompetenzen das fachwissenschaftliche Wissen zwar in den Hintergrund rückt, dieses aber unverzichtbar ist und damit untrennbar mit den Kompetenzen verbunden ist. Es geht deshalb nicht um das Abschaffen des wissensbasierten Unterrichts, sondern um eine Verschiebung in Richtung mehr Nützlichkeit des Gelernten im späteren Leben. Es geht also darum, ein Wissen zu erwerben, welches auch eine funktionale Bedeutung hat.

Ein reales Problem, das beim Lernen mit Hilfe von Kompetenzen entsteht, ist der Zeitaufwand. Das Entwickeln von Kompetenzen bedarf mehr Zeit, da Inhalte mit Problemen verknüpft werden, die Schüleraktivität im Vordergrund steht und die Evaluation auch zeitaufwendiger ist. So werden Inhalte, die früher in der Mittelstufe gelehrt wurden, erst in der Oberstufe angeschnitten und deren Inhalte tauchen oft erst in den Programmen der weiterführenden Studien auf. Es ist wichtig, sich dieser Erkenntnis bewusst zu sein, da sie unter anderem erklärt, warum das Schülerwissen auf allen Stufen gefühlt geringer ist als noch vor einigen Jahren.

Den Lernzielen übergeordnet kann man die Kompetenzen ansiedeln, ohne dass sich beide im Widerspruch zueinander befinden müssen, denn Kompetenzen sind auf einem höheren Niveau anzusiedeln als Lernziele. Sie beinhalten nicht nur die Komponente der kognitiven Fähigkeiten; sie gehen darüber hinaus auch auf das Können, Handeln und die Motivation eines Schülers ein. Harns et al. haben (16) die Fach-, Methoden- und Bewertungskompetenzen als wichtige Säulen des Biologieunterrichts definiert.

Die Fachkompetenz spiegelt das zu erwerbende fachrelevante Wissen wider. Hierbei geht es indes nicht nur um das bloße Reproduzieren von gelernten Begriffen und Fakten (Sachkompetenz), sondern um das dazugehörige Verständnis. Genauer geht es darum, „*Phänomene der belebten Natur auf der Grundlage biologischer Erkenntnisse zu interpretieren und vielfältige Verknüpfungen zwischen den Wissenselementen anzulegen“*. Die Fachkompetenz vermittelt hierbei die Grundlagen für die Studierfähigkeit der Schüler, indem sie die Basis der Wissenschaftspropädeutik schafft. Zugleich ist sie in alltäglichen Situationen notwendig, um gesellschaftliche Diskussionen verfolgen zu können und den persönlichen Lebensstil bewusst zu gestalten. Über das bloße Rollenverständnis in der heutigen Gesellschaft hinaus soll die naturwissenschaftliche Bildung der Schüler dementsprechend dazu beitragen, dass diese ein größeres Selbst- und Weltverständnis aufbauen können, die naturwissenschaftlichen Denkweisen gefördert werden und so die nächste Generation an Wissenschaftlern heranwächst. Fachkompetenz wird im englischsprachigen Raum auch als „Scientifc literacy” beschrieben.

Bei der Methodenkompetenz geht es darum, wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen anwenden zu können. Sie kann also mit der im luxemburgischen System bekannten Handlungskompetenz gewissermaßen gleichgesetzt werden. Um wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen anwenden zu können benötigt man zuerst einmal Wissen zu den historischen, kulturellen und philosophischen Grundlagen der Biologie, sowie das Verständnis zur Rolle der Biologie in den Wissenschaften und der Gesellschaft. Das biologische Wissen trägt somit zum gesamten naturwissenschaftlichen Wissen bei, welches auch als „*Nature of science*” bezeichnet werden kann und ein „*Meta-Wissen über die Naturwissenschaften*” darstellt. Mit Hilfe dieses Wissens kann man schließlich erkennen, ob bestimmte Problemstellungen durch die Naturwissenschaften gelöst werden können oder ob man auf andere Wissensquellen zurückgreifen muss.

Die Bewertungskompetenz beschäftigt sich mit der affektiven Dimension der Biologie. Es geht darum, sich über die Folgen des Forschens und Entdeckens seitens der Naturwissenschaften bewusst zu werden und dies mit den Werten und Normen der Gesellschaft zu verbinden. So soll die Bewertungskompetenz die Schüler dazu anregen,

über gesellschaftliche Probleme nachzudenken und Lösungsansätze dafür in den Naturwissenschaften zu suchen. Es soll in demselben Maße darüber nachgedacht werden, inwieweit die Wissenschaften in ihren Entdeckungen und Nachforschungen die Grenzen unserer Moralvorstellungen dehnen und überwinden dürfen.

Abschließend kann man zusammenfassen, dass Kompetenzen benötigt werden, um auf auftretende Probleme angemessen reagieren zu können. Gegenüber den Lernzielen sind die sozio-affektiven und psychomotorischen Dimensionen einfacher in ein kompetenzbasiertes Curriculum zu integrieren. Auch in der Zellbiologie können die Fach-, Methoden- und Bewertungskompetenzen sinnvoll eingesetzt werden. So erlaubt die Fachkompetenz den Schülern das nötige Wissen für weiterführende Studien zu erwerben. Darüber hinaus können sie aber auch kontroverse Themen, wie zum Beispiel pro/contra Gentechnik besser verstehen und ihre Gesundheit besser schützen, wenn sie beispielsweise über Infektionsmechanismen von Viren Bescheid wissen. Die Methodenkompetenz kann den Schülern in der Zellbiologie helfen zu erkennen, dass nicht alle Probleme von dieser gelöst werden können. So beschäftigt sie sich zwar mit den Prozessen auf einer Organisationsebene, jedoch nicht mit allen Ebenen der Lebewesen. Geht es zum Beispiel darum, den Körper im Ganzen zu betrachten, so muss auf das Wissen der Physiologie und Anatomie zurückgegriffen werden. Die Bewertungskompetenz stellt eine weitere, nicht unwichtige Kompetenz dar, da sie die Schüler zum Nachdenken über ihre ethischen Vorstellungen anregt. So kann in der Zellbiologie zum Beispiel darüber diskutiert werden, ab wann eine befruchtete Eizelle als lebendiger Mensch zu betrachten ist, mit allen rechtlichen Konsequenzen, welches dies für die Forschung und die Medizin mit sich bringt.

2.3.3. Inhalte

Nach der Diskussion über die verschiedenen Einstiegsmöglichkeiten ist die Planung der Abfolge der Unterrichtseinheiten und die Auswahl der zu behandelnden Inhalte ein wichtiger Teil eines Curriculums. Es erlaubt den Aufstellern eine Grenze zu ziehen zwischen dem Fachwissen, welches zu behandeln ist, und dem, welches für einen späteren Zeitpunkt der Ausbildung aufgespart werden kann. So können Themen im fortschreitenden Unterricht an Komplexität und Abstraktion nach und nach zunehmen und trotzdem noch von den Lernenden verstanden werden.

Die Inhalte sollten im Curriculum mit einer nicht zu großen Präzision definiert werden, um jedem Lehrer selbst die Möglichkeit zu lassen, verschiedene Schwerpunkte zu setzen und Beispiele zu benutzen. Dies hat zwar zur Folge, dass jeder Unterricht von Lehrer zu Lehrer, von Klasse zu Klasse oder von Jahr zu Jahr verschieden ist. Diese Tatsache ist jedoch nicht schlimm, denn es gilt im Curriculum einen gemeinsamen Nenner zu finden, mit dem alle Lehrer arbeiten können, der ihren individuellen Lehrstil unterstützt und so den Lehrer und zugleich die Schüler zusätzlich motiviert. Nichts ist langweiliger und dadurch demotivierender als ein unpersönlicher Unterricht, bei dem ein Lehrer nichts von seinem eigenen Wissen, seien es Beispiele, Bilder oder Erfahrungen, mit in den Unterricht einbringen kann.

Zu Beginn der Inhaltsauswahl steht zuerst eine fachliche Klärung. Sie dient dazu, sich einen Überblick über die existierenden Inhalte zu verschaffen. Um keine Themengebiete zu vergessen, bietet es sich an, ausgiebig Fachliteratur hinzuzuziehen. So kann man außerdem sehen, welche Übergänge zwischen verschiedenen Materien von anderen Autoren gemacht wurden; wie diese demnach den Zusammenhang verschiedener Aspekte sehen. Das Lesen der Fachliteratur erlaubt dem Leser zusätzlich sein Wissen wieder aufzufrischen. Das reine Benutzen von Schulbüchern zur Inhaltsauswahl ist dagegen nicht empfehlenswert, da diese bereits zu stark didaktisch reduziert wurden und die Inhalte dadurch bereits enger ausgewählt wurden, als dies eventuell nötig gewesen wäre. Bei der Auswahl und Organisation der Unterrichtsinhalte sollte man ebenfalls darauf achten, Kapitel und Themen zeitlich so einzuteilen, dass die aufeinanderfolgenden Inhalte eine gewisse Logik ergeben und der Übergang von einem zum nächsten Kapitel fließend ist. Dies erlaubt den Schülern, sich innerhalb des Unterrichts zu orientieren und somit komplexere Konzepte und Denkstrukturen besser zu verstehen.

Wenn man sich nun mit einem bestimmten Themengebiet genauer befasst, gilt es nach einer Problemstellung zu forschen, die sowohl relevant für die Schüler ist, wie auch das Thema weitgehend umfasst. Das Anstellen von Überlegungen zu den fachlichen Inhalten bezeichnet man als Sachanalyse. Hierbei gilt jedoch zu beachten, dass die Überlegungen nicht nur inhaltlicher Natur sein sollen, sondern gleichermaßen zielgruppenbezogen sein müssen. Die fachlichen Inhalte werden in Beziehung zu den Lernenden gesetzt. Zu den Kriterien, nach denen Inhalte bestimmt werden sollen, zählen also auch die psychologische Entwicklung der Schüler und ihre spezifischen Interessen. So verhindert eine präzis durchgeführte Sachanalyse durch Unwissen falsche Vorstellungen bei den Schülern zu generieren und schützt davor, zu grobe Verallgemeinerungen und Vereinfachungen anzustellen, die entweder wegen genügend Vorwissen der Schüler nicht benötigt werden oder

die zu einem falschen Verständnis des vermittelten Wissens führen können. Zudem ist es wichtig, die Auswahl der Themen auf jene zu begrenzen, die für eine bestimmte Schülergruppe am wichtigsten sind. Auch wenn es nicht schlecht ist, Wissen über viele verschiedene Dinge zu besitzen, so sollte der Lehrer doch versuchen, die Inhalte so zu wählen, dass sie den meisten Schülern in ihrer nahen Zukunft wahrscheinlich nützlich sein können. Hierbei ist zu beachten, dass die Inhalte in der Oberstufe, mit einer teils weitgehenden Spezialisierung, weniger der Allgemeinbildung der zukünftigen Bürger als vielmehr der Vorbereitung auf weiterführende Studien dienen sollen und so trotzdem viel spezifischer auszuwählen sind, als dies in der Unter- oder Mittelstufe der Fall ist. Die Inhalte sollten auf dem Vorwissen der Schüler aufbauen können, sowie den Schülern in ihrem persönlichen, sozialen oder beruflichen Leben weiterhelfen können. Weiterhin sollen die Inhalte aktuell sein und die Werte unserer Gesellschaft vermitteln. Schlussendlich sollte bei der Wahl der Inhalte auch auf die zur Verfügung stehenden Ressourcen geachtet werden.

Die didaktische Analyse stellt, neben der Sachanalyse, das zweite Standbein zur Vorbereitung des Unterrichts dar. Hier werden laut Staeck (15) *„die komplexen fachbiologischen Sachverhalte vereinfacht, aufbereitet und strukturiert, unter Berücksichtigung begründeter Zielsetzungen, der jeweiligen lerngruppenspezifischen Voraussetzungen und der situativen Bedingungen.“* Hierbei kann der Lehrende meist auf Vorgaben zurückgreifen, die bereits im Curriculum beschrieben wurden. Um die lerngruppenspezifischen und situativen Bedingungen einschätzen zu können, müssen vom Lehrer Informationen über die Schüler gesammelt werden. Man kann heute nicht mehr von dem gleichen Wissensstand bei allen Schülern ausgehen, da Bildung nicht nur in der Schule geschieht, sondern auch in der Freizeit. Unterdessen ist das Angebot zur Weiterbildung durch die neuen Medien größer denn je. Darüber hinaus findet man kaum noch eine Klasse, in der jeder Schüler seit Beginn der Lyzeumsjahre den gleichen Werdegang durchlebt hat. Wie schon beschrieben, ist es wichtig sich den Interessen der Schüler bewusst zu werden, genau wie auch dem Stoff, welcher schon in vorhergegangen Schuljahren behandelt worden ist. Auch die Frage, inwieweit Arbeitstechniken, Fachbegriffe, Sozialformen und der Umgang mit Medien beherrscht werden, muss beantwortet werden, um eine erfolgreiche Planung abschließen zu können. Neben diesem Vorwissen fallen ebenso die soziale Herkunft der Schüler, deren Sprachbegabung sowie auch der zeitliche Rahmen der Unterrichtseinheit und die räumlichen und materiellen Gegebenheiten mit ins Gewicht. Da es bei einer großen Schülerzahl nur schwer möglich ist, auf jeden Schüler einzeln einzugehen, müssen auch Möglichkeiten zur Individualisierung und Differenzierung des Unterrichts ausgearbeitet werden.

Was die Besonderheiten der Biologie angeht, so sollte bei der Festlegung der Inhalte sowohl das Schaffen einer Studierfähigkeit als auch das Erweitern des Allgemeinwissens beachtet werden. Deshalb sollten die Inhalte, soweit möglich, immer von beiden Standpunkten aus betrachtet werden. Inhalte, die zur gesellschaftlichen Relevanz beitragen, müssen demnach ebenso im Curriculum beschrieben werden, wie jene, die fachrelevant sind. Bei letzteren sollte man auf die Einbindung von Theorien, Prinzipien und Konzepten, aber ebenso von Arbeitsmethoden achten, die besonders in einem wissenschaftspropädeutschen Sinne wichtig sind. Um den

Forderungen nach einem modernen Biologieunterricht gerecht zu werden, müssen nach Harns u.a. (16) folglich die Prinzipien, Ebenen, Diversität und Evolution lebender Systeme unterrichtet werden und auch die zur Allgemeinbildung beitragenden Punkte vom Verständnis der Natur, des Menschen selbst und der Rolle der Wissenschaft in der Gesellschaft.

Da die Forschung im Bereich der Zell- und der molekularen Biologie in den letzten Jahrzenten besonders große Fortschritte gemacht hat, sollten ebenfalls besonders neue Forschungsergebnisse und Erkenntnisse mit in den Unterricht eingebunden werden. Hier besteht die Schwierigkeit für den Lehrenden, eine didaktische Reduktion so zu vollziehen, dass die Inhalte sowohl neuartig bleiben, als auch von den Schülern verstanden werden können.

Zusammenfassend geht es bei der Wahl von Inhalten in einer ersten Phase darum, in einer fachlichen Klärung zu bestimmen, welche Bereiche ein bestimmtes Fach überhaupt enthält. Daraufhin wird mit Hilfe der Sachanalyse entschieden, welche Inhalte im Unterricht behandelt werden sollen. Diese sind anhand der Bedürfnisse der Schüler, der Gesellschaft wie auch des Fachs auszuwählen. Damit die Wahl der Inhalte für die Schüler relevant bleibt, muss man also darauf achten, sowohl Allgemeinwissen, wie auch Fachwissen aufzubauen. Die didaktische Analyse hilft schlussendlich bei der Auswahl des Stoffs, der dann anschließend wie später beschrieben weiter aufbereitet werden muss, um ihn im Unterricht einsetzen zu können. Da sowohl das Arbeiten mit dem Vorwissen der Schüler wie auch der Aufbau des Wissens, welches die Schüler zum späteren studieren benötigen, nicht selbstverständlich sind, gehe ich auf den nächsten Seiten auf diese Punkte ein.

2.3.3.1. Auswahl basierend auf dem Vorwissen der Schüler

„Ohne Kenntnis des Standpunktes des Schülers ist keine ordentliche Belehrung desselben möglich." schrieb Diesterweg schon 1835 (58). Wie schon erwähnt, muss ein moderner Biologieunterricht für die Schüler relevant sein, damit sie das nötige Interesse am Unterricht entwickeln. Relevante Themen für die Schüler zu finden, ist nur möglich, wenn man sich mit ihrem Alltag auseinandersetzt. Dazu gehört es, Nachforschungen über die Alltagsvorstellungen, über ihr Allgemeinwissen, aber auch über das bisher von ihnen erworbene Fachwissen anzustellen. Laut Duit (59) kommen die Schüler nicht als „*unbeschriebene Blätter*" in den Unterricht. Sie besitzen schon vor dem Unterrichtsbeginn konkretes Vorwissen über die Punkte, die im Unterricht behandelt werden. Der Beweis für die Präsenz dieses Vorwissens wird uns jeden Tag in der Schule aufgezeigt. So arbeitet der fragend-entwickelnde Unterricht hauptsächlich mit dem Vorwissen der Schüler (60). So ziemlich jeder Lehrer führt diese Form von Unterricht regelmäßig durch. Dabei bemerkt auch jeder Lehrer, dass manche Vorstellungen der Schüler ab und an nicht der Wirklichkeit entsprechen. Es ist wichtig für den Lehrenden, sich dessen immer bewusst zu sein, um angemessen darauf reagieren zu können. Manche Verständnisprobleme erklären sich durch das Entstehen von Konflikten des Vorwissens mit dem neuen Lernstoff. Was im Alltag funktioniert und als logisch betrachtet wird, kann sich im naturwissenschaftlichen Unterricht als falsch erweisen. Die Alltagsvorstellungen der Schüler sind dabei nicht generell als fehlerhaft zu beurteilen, sondern sie sind situationsbedingt zu betrachten. Man denke nur an das besonders in den USA viel diskutierte Thema der Evolution, welches in

starkem Kontrast zu den theologischen Theorien steht. Beide Theorien können im Alltag der Schüler gleichzeitig nebeneinander existieren, auch wenn die der Evolution aus naturwissenschaftlicher Sicht die Richtige sein muss.

Wie schon beschrieben, muss das Lernen auf das bereits bestehende Wissen aufbauen und dieses erweitern. Hierbei spielt der Grundsatz der didaktischen Rekonstruktion eine wesentliche Rolle. So baut diese sowohl auf den wissenschaftlichen, wie auch auf den alltäglichen Vorstellungen auf, indem sie beiden einen Sinn zugesteht und sie miteinander verknüpft. Dabei geht es nicht darum, die Alltagsvorstellungen der Schüler mit denen aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht zu überschreiben. Dies würde nur zu einem trägen Wissen führen, welches die Schüler nicht mehr als relevant betrachten könnten, da es in der realen Welt für sie nicht anwendbar ist. Es geht darum, sich in der Schule bewusst mit den Unterschieden zwischen den Alltagsvorstellungen und den wissenschaftlichen Kenntnissen auseinanderzusetzen und die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu analysieren (61). Daraufhin ist es am Schüler selbst zu entscheiden, welche Option für ihn am besten ist, ob er also mit seinen bisherigen Vorstellungen den Alltag weiterhin meistert oder ob er seine alten Vorstellungen gegen neue Kenntnisse eintauscht.

Damit der Lehrer sich über das Vorwissen der Schüler bewusst werden kann, muss er dieses bei den Schülern abfragen. Wichtig ist indessen, dass jeder Mensch andere Vorstellungen haben kann und es für die Schüler wichtig ist, dass sie diese Vorstellungen ohne Wertung äußern können (62).

Ist der Lehrer sich des Vorwissens der Schüler bewusst, kann er dieses nun benutzen, um den Lernprozess der Schüler zu unterstützen, indem er gezielt auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede eingeht.

2.3.3.2. Auswahl basierend auf dem benötigten Vorwissen für zukünftige Studien

Ebenso wie das Vorwissen, welches für die Fächer in der Oberstufe benötigt wird, bauen die universitären Studien der zukünftigen Abiturienten ebenfalls zum Teil auf Vorwissen auf. Um eine bestmögliche Vorbereitung auf weiterführende Studien garantieren zu können, ist es also unabdingbar, sich mit den geforderten Kenntnissen an Universitäten und an Fachhochschulen auseinanderzusetzen. Was Studien im Bereich der Biologie angeht, so wird hier ein besonderer Fokus auf das Vorwissen in der Chemie, der Mathematik und auch der Physik und der Informatik gelegt. Um den Schülern diese Bereiche näher zu bringen, sollten sie, wie beschrieben, soweit wie möglich auch mit in den Unterricht eingebunden werden, so wie gleichermaßen Themen der Biologie als Beispiele in anderen Fächern verwendet werden sollten. Dieses interdisziplinäre Arbeiten würde ebenfalls in die wie schon beschriebene knappe Zeit an Schulstunden Notionen von Fächern einbauen, für die ansonsten gar keine Zeit bliebe.

Was das benötigte Vorwissen im Bereich der Zellbiologie angeht, so bilden viele zellbiologische Prozesse eine wichtige Basis für das Verstehen weiterer biologischer Vorgänge, unter anderen dem Stoffwechsel, der Fortpflanzung, dem Immunsystem und besonders der Physiologie und der Pathologie. Die Zellbiologie stellt daher ein wichtiges Fundament für weitere Themenbereiche in der Biologie dar und spielt deshalb auch eine wichtige Rolle in der wissenschaftlichen Propädeutik.

2.3.4. Pädagogische und didaktische Prozesse

Das Planen von Unterricht ist laut Gropengießer (30) *„ein Vorgang, bei dem auf der Grundlage von festgestellten oder angenommenen Bedingungen rationale und begründete Entscheidungen über einen zukünftigen Unterricht mit seinen Handlungsspielräumen und Gestaltungsmöglichkeiten getroffen werden."*

Da die Biologie eine Naturwissenschaft ist, in der Wissen anhand von Nachforschungen und Experimenten gewonnen wird, sollte der Lehrer auch im Biologieunterricht dafür sorgen, dass die Inhalte des Unterrichts nicht nur wie oft üblich rein passiv, sondern bevorzugt aktiv durch eigene Tätigkeit erschlossen werden. Hierzu zählen untersuchen, experimentieren, eigenes denken und auseinandersetzen mit dem Thema. In der Literatur zur Didaktik und Methodik findet man besonders oft Ansätze, die das Simulieren wissenschaftlichen Arbeitens im Unterricht vorschlagen, um die Schüler auf ein eigenständiges, motivierendes Arbeiten und Forschen vorzubereiten. Anstatt bloß Fakten zu lernen, ist es mithin wichtiger Wissen in Verbindung mit Applikationen zu erwerben. Infolgedessen sind Schülerorientierte, Situierte und Problemorientierte Lernmethoden zu bevorzugen.

Leider sind diese Formen des Unterrichts noch immer größtenteils unterrepräsentiert, da von den Lehrenden oft ein lehrerzentrierter, fragend-entwickelnder Unterricht bevorzugt wird. Erkenntnisse aus der pädagogischen Psychologie und Lernforschung zeigen allerdings, dass diese veralteten Methoden weniger gute Resultate liefern, weil die Schüler selbst nicht aktiv in den Lernprozess mit eingebunden werden. Gebhard (30) erklärt, dass "*Biologieunterricht, der die Lernenden ignoriert, bestenfalls an ihnen vorbeigeht […, jedoch] bewirkt er häufig auch, dass den Lernenden ihre lebensweltlichen Vorstellungen und die jeweiligen biologischen Konzepte als unversöhnlich erscheinen. [...] Die wissenschaftlichen Konzepte werden [zugunsten der Alltagsvorstellungen] schnell wieder vergessen, so dass man geradezu von einer Wirkungslosigkeit des naturwissenschaftlichen Unterrichts […] sprechen kann*."

Zum besseren Umgang mit den didaktischen Prozessen einhergehenden, mentalen Operationen des Wissenserwerbs hat Meirieu (63) (64) diese mit klassifiziert. Hierbei steht die Deduktion an der Basis der mentalen Operationen. Sie wird benutzt, wenn aufgrund einer Beobachtung eine Schlussfolgerung auf das Beobachtete erfolgen kann (wenn x, dann y). An zweiter Stelle steht die Induktion, bei der auf der Basis von einigen einzelnen Beobachtungen eine Aktivität generalisiert wird. Anschließend folgt das dialektische Überlegen. Hierbei wird ein Thema zuerst unter zwei sich widersprechenden Standpunkten begutachtet, bevor beide Ansichten unter einer neuen Sicht miteinander verbunden werden und so beide Punkte auf einer höheren Ebene doch zueinander passen. Als Beispiel kann man die auf die Lichtreaktion folgende Dunkelreaktion bei der Fotosynthese nennen. Zunächst klingt es unlogisch, dass es gerade bei der Fotosynthese, die, wie fast jeder weiß, auf Licht angewiesen ist, eine Phase gibt, welche auch im Dunkeln ablaufen kann. Wenn man sich jedoch näher mit den einzelnen biochemischen Abläufen beschäftigt, wird ersichtlich, dass nur zu einem bestimmten Moment Licht gebraucht wird und dieses deshalb in der Gesamtbilanz der Fotosynthese auftaucht. An vierter Stelle steht das kreative Denken. Es baut nicht wie die vorherigen auf Logik, sondern auf der Fantasie auf. Es kann in den

Naturwissenschaften so gut wie immer ausgeschlossen werden. Geht es also um das Lösen eines Problems, so wird man immer wieder auf einen der vier mentalen Prozesse zurückgreifen, wobei der letztere für die Zellbiologie zu vernachlässigen ist.

Besonders in der Oberstufe geht es darum, dass die Schüler nach und nach darauf vorbereitet werden, sich Informationen möglichst effektiv und in totaler Autonomie anzueignen. Um eine gewisse Autonomie zu erreichen, muss der Lehrende in einer Vorstufe des autonomen Lernens die zu vermittelnden Inhalte so aufbereiten, dass der Schüler diese möglichst ohne fremde Hilfe besser aufnehmen kann. So können die fachwissenschaftlichen Inhalte auch in der Oberstufe nicht sofort vom Lehrenden ohne didaktische Vereinfachung im Unterricht eingesetzt werden. Dies erklärt sich dadurch, dass die Schüler noch im Prozess des Erwerbs einer Autonomie sind und längst noch nicht völlig allein denkend sind. Deshalb müssen die Inhalte, nachdem man die Struktur des Unterrichts festgelegt hat, so verarbeitet werden, dass sie für die Schüler zugänglich werden. Hierbei spielt die didaktische Transformation eine wichtige Rolle.

Bei der didaktischen Transformation geht es um die beschriebene Umwandlung naturwissenschaftlicher Inhalte für den Gebrauch im Unterricht, indem man sowohl Rücksicht auf die Ziele, den Zeitplan, wie auch auf die Bedürfnisse der Schüler nimmt. Bei der didaktischen Reduktion handelt es sich um einen Teil dieses Umwandlungsprozesses, bei dem die Inhalte vereinfacht werden. Es geht darum, wissenschaftliche Inhalte so aufzubereiten, dass sie von den Schülern verstanden werden können. Die Schwierigkeit besteht allerdings darin, zu verhindern, dass durch eine Vereinfachung falsche Vorstellungen geschaffen werden.

Von einer sektoralen didaktischen Reduktion spricht man, wenn nur ein kleiner Teil eines Phänomens genauer betrachtet wird, das heißt, wenn der Lernstoff auf einen Sektor eines Themas begrenzt wird (65). Diese Form der Reduktion wird in den naturwissenschaftlichen Fächern oft benutzt, da wegen der großen Vielfalt der Lebewesen nicht alle, sondern nur globale Eigenschaften und Gesetze betrachtet werden können. Durch diese Art der Reduktion werden Themen weniger komplex und der mit am Thema hängende Umfang wird ebenfalls in seiner Größe reduziert. Die Kernaussage bleibt jedoch bestehen und darf trotz der Reduktionen nicht verfälscht werden.

Unter Zuhilfenahme der strukturellen Reduktion können wissenschaftliche Inhalte ebenfalls altersgerecht aufbereitet werden. Dies geschieht entweder anhand der Systembildung, wie „Die lebende Zelle" oder „Der menschliche Körper" oder durch das Ausklammern von Details, die für das Hauptverständnis nicht von Bedeutung sind, wie zum Beispiel, das Ausklammern von verschiedenen enzymatischen Reaktionen bei der Aktivierung der Transkription.

Auch das Umwandeln von wissenschaftlichen Inhalten in visuelle Darstellungsformen, wie Schemas oder Tabellen, stellt eine Form der Reduktion dar. Hierbei spricht man von einer optischen Vereinfachung. Dieses bietet sich in der Zellbiologie oft an. So kann man Eigenschaften von Lebewesen, Zellen oder Molekülen sehr gut anhand von Tabellen vergleichen. Auch Schemas werden in der Zellbiologie gerne benutzt. Mikroskopische

Bilder sind zwar heutzutage von guter Qualität, doch so manche Details lassen sich besser anhand von Schemas erklären. Man kann dabei nämlich gezielt nur die Strukturen darstellen, auf die man auch eingehen möchte.

Werden wissenschaftliche Texte übernommen, so müssen diese ebenfalls aufbereitet werden, hauptsächlich durch die Anpassung der Sprache. Es geht um eine Vereinfachung der Sätze, wie auch der benutzten Fachbegriffe, damit die Texte für die Schüler zugänglicher werden. Gleichwohl ist auf die Verwendung der Umgangssprache zu verzichten, denn einen Zugewinn an Fachkenntnis geschieht im Übrigen mithilfe des Erwerbs von neuen Wörtern. Dabei sind Fachwörter äußert nützlich, da man mit Hilfe von ihnen Strukturen eindeutig benennen, sie ohne subjektive Bewertung bezeichnen und in allen Situationen anwenden kann. Das Verwenden einfacher Wörter kann somit zu einer Steigerung von Verständnisproblemen in einem Text führen, da man den Inhalt nur noch versteht, wenn dieser in den richtigen Kontext gesetzt wird. Dieses Problem lässt sich bei den Schülern relativ oft beobachten. So kommt es vor, dass sie in schriftlichen Prüfungen keine Fachwörter verwenden und sich so die Bedeutung ihrer Texte verändert. Auf den Einsatz von Fremdwörtern kann man gegebenenfalls verzichten, wenn es eine geeignete Alternative gibt. Ist dies nicht der Fall, so bietet es sich an, jedes neu eingeführte Fremdwort mittels der Etymologie zu erklären, Beispiele und Gegenbeispiele zu geben und das Wort auch mit Bildern zu illustrieren. Gleichzeitig können Definitionen, welche Wörter klar von anderen abgrenzen und gleichzeitig möglichst verständlich sind, helfen neue Fachwörter zu erlernen.

Abschließend sollte das Ziel der gesamten didaktischen Transformation auf keinen Fall sein, den Schülern das Wissen auf dem Präsentierteller vorzulegen, sodass sie es nur noch schlucken müssen. Das Fachwissen soll sektoral oder strukturell reduziert, optisch sowie sprachlich vereinfacht werden, damit die Schüler es selbst verarbeiten können. So sollen sie nach und nach, mit Hilfe des aufbereiteten Stoffs, immer komplexere Themen erschließen können und langsam lernen, sich in totaler Autonomie Wissen anzueignen. Der Grat einer „guten“ Reduktion ist demzufolge relativ schmal und bestimmt, ob eine Unterrichtseinheit nun fördernd und fordernd für die Schüler ist, oder ob sie wegen ihrer Leichtigkeit zu mühelos, beziehungsweise wegen ihrer Komplexität, nicht erreichbar für die Schüler ist.

2.3.4.1. Schüler- und Lehreraktivitäten

Um erfolgreich zu unterrichten, rät Rieunier (17), die Lernenden aktiv in das Lernen einzubinden. Sie sollten motiviert werden, damit sie ein Interesse am Unterricht entwickeln und die gesetzten Ziele erreichen können. Um einen Lernzuwachs zu erreichen, sollten die Lernenden an die Grenzen ihres Wissens getrieben werden, da sie nur dort mit Problemen in Kontakt kommen, die ihnen neu sind. Nur so können sie ihr Wissen erweitern. Hierzu muss sich der Lehrende zuerst im Klaren sein, wie das Vorwissen der Schüler ist. An ein erfolgreiches Lernen sollte zusätzlich ein Prozess der Metakognition angefügt werden, in dem sich der Lernende über seinen Lernzuwachs bewusst wird und so selbst besser den Lernprozess steuern kann.

Besonders der Einstieg in die Stunde, welcher sowohl wichtig für die Aufmerksamkeit der Schüler als auch für deren Motivation ist, ist laut Staeck (15) entscheidend. Während oftmals der direkte Einstieg in das

Unterrichtsthema vom Lehrenden gewählt wird, ist dieser mit der schlechteste Weg eine Stunde zu beginnen. Die Schüler werden durch das ausschließlich passive Vortragen des Themas nicht mit in die Wahl desselben eingebunden. Dies schadet der Motivation und es bleibt nur wenig Freiraum, um auf die Fragen einzugehen, die bei diesem bestimmten Thema die Schüler besonders interessieren. Somit ist es wichtig, nicht nur zum Anfang einer Unterrichtseinheit, sondern ebenfalls zu Beginn jeder Unterrichtsstunde die Aufmerksamkeit der Schüler zu bekommen und durch die immer vorhandene menschliche Neugier ein Interesse bei ihnen zu wecken. Als Alternative zum bloßen Anknüpfen an die vorhergegangene Stunde bieten sich die phänomenologische, die experimentelle, die fragend-entwickelnde und die assoziative Vorgehensweisen an (siehe Tab. 6). Bei diesen Einstiegen wird nicht nur auf das Thema eingegangen, vielmehr wird an das Vorwissen der Schüler angeknüpft, wie auch an andere Wissenschaftsbereiche. Jeder gute Einstieg enthält zudem auch immer eine Problemstellung. Hierzu kann man in der Biologie oft dieselben Ankerpunkte wiederfinden. So kann man auf Pathologien eingehen, auf die Probleme und Lösungsansätze einer Entdeckung in der Geschichte der naturwissenschaftlichen Forschung oder auf die Entwicklung bestimmter Merkmale bedingt durch die Evolution.

Tab. 6. Auflistung verschiedener Einstiegsmethoden

Einstiegsmethode	**Beschreibung**
Phänomenologisch	Konfrontierung mit einem konkreten, biologischen Phänomen, anschließende Fokussierung zur Problemstellung
Experimentell	Problemstellung, Hypothese, Versuchsaufbau, Durchführung, Auswertung
Fragend-entwickelnd	Einteilung eines Großproblems in Kleinprobleme
Assoziativ	Zusammentragung von Vorwissen zu einem Problem von allen Schülern und anschließende Wissenszusammenführung zum Erkenntnisgewinn

Zu erwähnen bleibt, dass auch wenn eine Unterrichtseinheit einen interessanten Einstieg enthält, die Festlegung der Inhalte meist doch allein durch den Lehrer anhand der schon erwähnten Relevanzanalyse im Vorfeld des Unterrichts erfolgt. Der Lehrende muss sich schon im Voraus über die möglichen Schwerpunkte einer Unterrichtseinheit bewusst sein. Er bietet den Schülern zu Beginn des Unterrichts nur verschiedene Vorgehensweisen an, die er schon alle zumindest teilweise in seinem Hinterkopf vorbereitet hat. Die Schüler werden also mit in den Planungsprozess des Unterrichts mit einbezogen, haben jedoch meist weniger Freiheiten, als dies auf den ersten Blick sichtbar ist. Dies ist unerlässlich, damit der Unterricht und mit ihm die Lernziele planbar bleiben.

2.3.4.2. Modernes Lernen

Was die Verfügbarkeit und den Austausch von Informationen angeht, so hat unsere Gesellschaft sich in den letzten Jahrzehnten rasant weiterentwickelt. Auch in der Schule bemerkt man dies. Viele Schüler sind nicht mehr, wie früher, fähig ihre Aufmerksamkeit während einer ganzen Unterrichtsstunde auf ein Thema zu lenken. Es besteht ein größeres Bedürfnis nach „Entertainment“. Informationen müssen deshalb schneller und gezielter

an die Schüler gebracht werden, da die Konzentrationsphasen kürzer geworden sind. Dazu bieten sich das Soziale, das Problemorientierte sowie das Situationsbasierte Lernen an.

2.3.4.2.1. Aktives Lernen in unterschiedlichen Sozialformen

Die Ansicht, dass Lernen ein aktiver Prozess ist, steht im Zentrum der konstruktivistischen Sichtweise des Lernens. Hierbei können die Lehrenden nicht einfach ihr Wissen weitergeben, sondern sie können nur, wie schon erwähnt, den Lernenden unter Verwendung von bestimmten Methoden helfen, ihr Wissen selbst aufzubauen. Dazu ist die eigene Tätigkeit der Schüler gegenüber lehrerzentriertem Unterricht zu bevorzugen. Der Lehrer wechselt seine Rolle gegenüber dem klassischen Unterricht. Von der Person, die den Schülern das vorbereitete Wissen anbietet, wird er zu einem Trainer, welcher die Schüler begleitet, und dafür sorgt, dass sie ihr eigenes Wissen aufbauen. Dies kann über mehrere Wege geschehen. Die zu wählende Sozialform sollte hierbei so ausgewählt werden, dass sie die besten Bedingungen für das Lernen schaffen kann. So sollten die Lernziele, die verfügbaren Medien, die Schülerbedürfnisse und die lokalen Begebenheiten bei der Wahl der Sozialform berücksichtigt werden. Durch das Angeben präziser Aufträge an die einzelnen Gruppen oder Schüler wird die zu erledigende Arbeit klar definiert. Die Schüler werden dazu gebracht, sich mit dem behandelten Unterrichtsthema näher zu befassen, da sie meist am Anschluss an die Erarbeitungsphase ein Ergebnis in oraler oder geschriebener Form vorzeigen müssen. Neben dem Wissenserwerb werden mit Hilfe des Sozialen Lernens ebenfalls die Kommunikationsfähigkeit von wissenschaftlichen Inhalten, wie auch die sozialen Kompetenzen gefördert. Damit die Schüler miteinander arbeiten können, müssen sie lernen, gemeinsam nach einer Antwort auf eine Frage zu suchen, dabei die zu erledigende Arbeit einteilen, Verantwortung für die eigene Arbeit übernehmen und lernen, Kritik zu ertragen sowie fähig sein, selbst Kritik zu äußern. Zugleich sollen sie sowohl die eigene Selbstsicherheit weiterentwickeln als auch Toleranz für Schüler entwickeln, die eine andere Meinung als die eigene haben.

2.3.4.2.1.1. Kleingruppenarbeit

Das Arbeiten innerhalb einer Gruppe ist in unserer heutigen Gesellschaft mit sozialen Plattformen verschiedener Arten und den sich ständig weiter entwickelnden Kommunikationsmöglichkeiten eine wichtige Fähigkeit, die es ebenfalls in der Schule gilt weiterzuentwickeln. Mit Hilfe von Gruppenarbeit kann man sowohl biologiespezifische als auch allgemeine und fächerübergreifende Fähigkeiten fördern. Zu Ersterem kann man das eigene Verarbeiten und Verstehen von biologischen Inhalten zählen sowie das gemeinsame Erlernen von biologischen Techniken und Arbeitsweisen. Zu letzterem gehört bei einer Gruppenarbeit die Autonomie der Schüler und ebenfalls das Anwenden von Arbeitsmethoden, die nicht nur biologiespezifisch sind. Auch das solidarische Verhalten in einer Gruppe sowie das Erlernen von sozialem Verhalten und Einstellungen werden durch die Gruppenarbeit ermöglicht.

Das Arbeiten in Gruppen sollte schon in der Unterstufe gefördert werden, damit es in der Oberstufe beherrscht wird und den Schülern eine Möglichkeit bietet, Informationen sinnvoll und im Team zu lernen. Schüler, die nicht

an diese Art von Unterricht gewohnt sind, gilt es in einer ersten Phase mit kleineren Eingewöhnungsphasen auf größere Gruppenarbeiten vorzubereiten. So fühlen sie sich nicht zu sehr überfordert und der Lehrer hat eine bessere Kontrolle über den Lernfortschritt der einzelnen Gruppen. Um ungeübten Schülern das Arbeiten zu erleichtern, bietet es sich an, alle Schüler mit der gleichen Problemstellung zu konfrontieren. So können Probleme besser ausgemacht und die Resultate mehrerer Gruppen miteinander verglichen werden. Anspruchsvoller ist die gleichzeitige Arbeit einzelner Gruppen an verschiedenen Problemstellungen. Besonders die Auswertung der Resultate gestaltet sich hier als schwieriger, da die verschiedenen Gruppen stark auf ihre Problemstellung und deren Bedeutung für die gesamte Unterrichteinheit fokussiert sind, nicht aber auf die Problemstellungen aller anderen Gruppen. Dieser Effekt wird dadurch verstärkt, dass die Schüler während der Auswertung mit einer Vielzahl von Informationen konfrontiert werden, welche sie in kurzer Zeit nur sehr schwer verarbeiten können. Die Einhaltung einer gewissen logischen Reihenfolge und der Einplanung von genügend Zeit zur Auswertung sind wichtig, damit die Schüler die behandelten Aspekte in einen Gesamtzusammenhang setzen können.

Der Lehrer hat während der Gruppenarbeit drei bestimmte Funktionen zu erfüllen. Erstens muss er den Schülern als Berater zur Verfügung stehen, wenn die Schüler manche Aufgaben nicht verstehen, nicht weiterkommen oder nicht die nötige Motivation zeigen. Er muss die Schüler demnach, auch wenn er im Hintergrund steht, durch die Gruppenarbeit leiten. Der Lehrer hat ebenfalls eine Erziehungsfunktion, welche darin besteht den Schülern das Lernen in Gruppen beizubringen und den Ablauf, wie Zeiteinhaltung und aktive Beteiligung aller Lernenden, zu kontrollieren. Die dritte Funktion des Lehrers besteht in der Integration der herausgearbeiteten Resultate in die Unterrichtseinheit. Dies geschieht meist nach der Gruppenarbeit, wenn die einzelnen Ergebnisse der verschiedenen Gruppen zusammen diskutiert werden.

2.3.4.2.1.2. Partnerarbeit

Partnerarbeit stellt die einfachste Form der Gruppenarbeit dar. Dadurch, dass die Schüler in Zweiergruppen arbeiten, brauchen sie nur sehr wenig Raum und der Klassensaal muss nicht erst mühsam umgestaltet werden, bevor das Lernen beginnen kann. Damit die Partnerarbeit erfolgreich sein kann, muss der Lehrer die zu erledigenden Arbeiten so aufstellen, dass diese für die Schüler motivierend sind. Eine Problemstellung am Anfang der Stunde ist dabei unerlässlich, damit die Schüler verstehen, warum sie diese Arbeit in einer Gruppe durchführen sollen. Neben der Problemstellung ist es außerdem wichtig, dass der Lehrer den Schülern möglichst genaue Arbeitsanweisungen mit auf den Weg gibt. So können die Schüler anschließend in Autonomie arbeiten, ohne ständig auf den Lehrer zurückgreifen zu müssen. Dieser hat dadurch auch mehr Zeit, den Lernerfolg zu verfolgen und zu steuern. Neben dem Erwerb von inhaltlichen Kenntnissen lernen die Schüler außerdem, sich die zu erledigenden Arbeiten für eine möglichst effektive Arbeit aufzuteilen und die Resultate des Partners kritisch zu analysieren.

Aufgaben mit realen Gegenständen, wie das Untersuchen von Organen in praktischen Unterrichtseinheiten, aber auch abstraktere oder sogar theoretische Experimente lassen sich äußerst gut in Partnerarbeit durchführen.

Einige Fähigkeiten seitens der Schüler sind allerdings als Grundvoraussetzung zu sehen, wenn Gruppenunterricht gelingen soll. Zum einen müssen die Schüler fähig sein, selbstständig wissenschaftliche Texte zu lesen und zu interpretieren. Sie müssen also Informationen finden und verarbeiten können. In gleicher Weise stellen das Dokumentieren der erledigten Arbeit und das Präsentieren der gefundenen Resultate Grundvoraussetzungen dar.

2.3.4.2.1.3. Einzelarbeit

Neben der Arbeit im Team spielt die Arbeit als Individuum in unserer Gesellschaft eine große Rolle. Schüler müssen deswegen ebenfalls lernen, ohne fremde Hilfe eigenständig Probleme zu lösen und Verantwortung zu übernehmen. Diese Form der Arbeit hat unterdessen den Vorteil, dass jeder Schüler in seiner Geschwindigkeit arbeiten kann und so die Unterrichtszeit optimal ausnutzen kann.

2.3.4.2.1.4. Doch Frontalunterricht?

Obwohl Soziales Lernen die Schüleraktivität fördert und somit besser für den Lernenden ist, bietet sich doch manchmal der Frontalunterricht als optimale Lösung an (66). Bei dieser Methode gilt zu beachten, dass der Lehrer die Schüler soweit wie möglich trotzdem aktiv mit in den Unterricht einbinden sollte, indem er sie durch ständiges Fragen dazu bringt, sich gedanklich aktiv mit dem Unterrichtsinhalt zu beschäftigen. Sind die gestellten Fragen an die Schüler nicht anspruchsvoll genug, so interessieren diese sich nicht mehr für das Thema, sind sie zu schwierig, so können die Schüler dem Lehrer auf seinem Weg zum Unterrichtsziel nicht folgen. Hierbei bleibt wenig Spielraum, um auf die falschen Antworten der Schüler beziehungsweise neue Fragen der Schüler einzugehen, da der Unterrichtsverlauf fest verplant ist. Ein weiterer negativer Punkt des Frontalunterrichts ist, dass er die Schüler überwiegend passiv macht. Auch wenn der Lehrer seinen fragend-entwickelnden Unterricht mit Hilfe von ein paar Schülern einer Klasse durchzieht, so sind doch die meisten nicht aktiv und schalten schnell ab. Ein Aufbau von Wissen sollte dabei am besten anhand von einer eigenen Aktivität erfolgen. Wenn diese auch noch die sozialen Fähigkeiten verbessern kann, so ist sie sicherlich dem Frontalunterricht vorzuziehen.

Oftmals überwiegen jedoch immer noch die Vorteile, die der Frontalunterricht bieten kann. Als Hauptargument ist ein klarer Zeitgewinn zu nennen, da die Unterrichtziele klar fixiert werden können. Daneben kann der Lehrer besser die Kontrolle über die ganze Klasse behalten, wenn er jeden im Blickfeld hat und es zumindest so scheint, als ob alle Schüler ihre Aufmerksamkeit auf das Lernen gerichtet haben. Zudem kann der Frontalunterricht auch eine gute Methode zur Diskussion von Themen darstellen, da diese dann durch den Lehrer moderiert kontrolliert besprochen werden können. Fehlende Medien sowie zu große Klassen und disziplinäre Probleme, aber auch ein Mangel an Erfahrung mit alternativen Lernmethoden führen dazu, dass der Frontalunterricht auch heute noch sehr aktuell an den meisten Schulen ist.

Modernes Lernen ist notwendiger denn je, damit der Unterricht an der Schule dem Leben der heutigen Schüler angepasst ist und nicht verstaubt wirkt. Hierbei spielt das Soziale Lernen eine wichtige Rolle, da es ein aktives Lernen in Kleingruppen oder Partnerarbeit darstellt. Neben dem Arbeiten in einem Team spielt aber auch die totale autonome Arbeit eine wichtige Rolle in unserer Gesellschaft, deshalb ist es auch wichtig, die Schüler durch Einzelarbeit daran zu gewöhnen. Der Nachteil des aktiven Lernens ist eindeutig der Zeitverlust im Vergleich zu den lehrer-zentrierten Methoden. So wird der Frontalunterricht vor allem dann auch heute noch oft verwendet, wenn es nötig ist, eine große Quantität an Informationen zu vermitteln. Ein moderner Unterricht muss somit das richtige Maß zwischen Schüleraktivität und dem Tempo der Wissensvermittlung finden.

2.3.4.2.2. Problemorientiertes und Situationsorientiertes Lernen

Als Basis für Problemorientiertes Lernen dienen kooperative, soziale Lernformen, so wie sie gerade beschrieben wurden. Grund hierfür ist, dass Lösungen zu Problemen viel schneller gefunden werden können, wenn ein Austausch der Gedanken in Gruppen stattfindet. Die Pisa-Studien 2006, 2009 und 2012 haben gezeigt, dass beim Vergleich der „Scientific literacy" deutsche Schüler schlecht, luxemburgische sogar noch schlechter abschneiden (67) (68) (69). Laut Peterßen et al. (16) liegt dies besonders an der Art und Weise wie Problemsituationen im Unterricht behandelt werden. So wird das Problemorientierte Lernen in Deutschland hauptsächlich dafür benutzt, Inhalte effektiv zu vermitteln, verpasst dabei aber die Gelegenheit wissenschaftliche Denkweisen zu integrieren.

Eine weitere sinnrelevante Methode zum Lernen stellt das Situierte Lernen dar. Hier werden Situationen möglichst ähnlich der Anwendungssituationen dargestellt. Durch das Schaffen von realistischen Situationen entsteht ein sinnvoller Kontext und das Thema wird so für die Schüler sinnstiftend. Je mehr Wissen auf verschiedene realistische Situationen übertragen werden kann, umso sinnvoller werden die Schüler dieses Wissen empfinden.

Ins Englische wird das Problemorientierte Lernen mit „Case based studies" übersetzt. Lehrern steht hierbei eine große Auswahl an vorgegeben Problemsituationen zur Verfügung. Einige dieser Plattformen habe ich in der folgenden Tabelle zur besseren Übersicht zusammengefasst:

Tab. 7. Auflistung verschiedener Webseiten, welche „Case based studies" anbieten

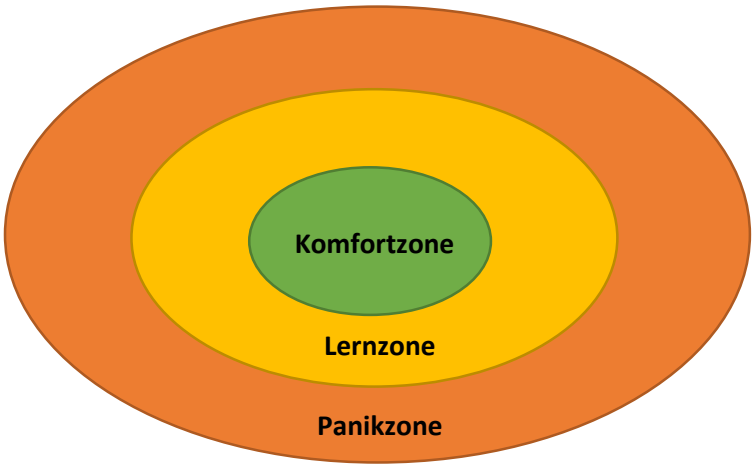
Name der Webseite	Internetadresse
Bioquest Curriculum Consortium	http://www.bioquest.org/
Problem-Based Learning at University of Delaware	http://www.udel.edu/inst/
National Center for Case Study Teaching in Science	http://sciencecases.lib.buffalo.edu/cs/
Case it!	http://www.caseitproject.org/
Creating Active Student Engagement in the Sciences	http://www.cse.emory.edu/cases/

2.3.4.2.3. Spiralprinzip, Kumulatives Lernen und Differenzierung

In Luxemburg wird in vielen Lehrplänen, besonders auch in der Biologie, auf das Spiralprinzip gesetzt. Hierbei handelt es sich darum, dass bestimmte Themenbereiche, welche man als relativ komplex ansieht, nicht mehr wie sonst üblich erst in der Oberstufe behandelt werden, sondern in viel früheren Jahrgängen in einer vereinfachten Form eingeführt werden, um dann anschließend auf den höheren Jahrgangsstufen im Detail behandelt zu werden. Das Spiralprinzip wurde erstmals in den 1970er Jahren verwendet, bringt jedoch mehrere Probleme mit sich. Damit der behandelte Stoff von den Schülern niedriger Jahrgangsstufen verstanden wird, muss er aufwendig didaktisch transformiert und reduziert werden. Zusätzlichen entstehen Motivationsprobleme auf den höheren Klassen, wenn ein bestimmter Stoff immer und immer wieder behandelt wird. Wird zum Beispiel ein Praktikum zum Studium des Herzens mit Hilfe von Schweineherzen in der Unterstufe durchgeführt, so fehlt es den Schülern oftmals an den Fähigkeiten, eine saubere Dissektion auszuführen, wie auch an Wissen, um alle wichtigen Elemente mit ihren Funktionsweisen zu verstehen. Wird das Experiment in der Oberstufe wiederholt, wird die Motivation der Schüler durch eventuelle schlechte Erfahrungen gehemmt und das Thema an sich wird ebenfalls als weniger interessant wahrgenommen, da die Dissektion des Herzens ja schon gemacht wurde. Letztlich gibt es bestimmte Themen in der Biologie, die sich viel besser ganzheitlich lösen lassen, als dass sie aufgespalten werden.

Während das Spiralprinzip angewendet auf den Wissenserwerb über mehrere Jahrgänge hinweg demzufolge bei manchen Themen als problematisch zu betrachten ist, ist es innerhalb eines Jahrgangs durchaus als positiv zu werten. Wichtige Begriffe und Prinzipien, die in vorigen Unterrichtssequenzen definiert wurden, werden so wiederholt. Aufgrund der Wiederholung des gelernten Stoffes bleibt dieser besser im Gedächtnis. Auch das Herstellen von Verbindungen von neuen Inhalten mit bereits Bekanntem dient der Wissenssicherung. So können neue Informationen leichter assimiliert werden.

Um sowohl die Studierfähigkeit zu fördern als auch gleichzeitig die Allgemeinbildung, welche beide von Studenten benötigt werden, muss das Wissen in der Biologie vernetzt werden. Aus Sicht der Lernpsychologie trägt die Struktur, unter der das Wissen vermitteltet wird, zu einem nicht zu vernachlässigenden Anteil dazu bei, ob der Lernende das Wissen behält oder ob er es schnell wieder vergessen wird. Das neu zu erwerbende Wissen muss mit dem bereits vorhandenen Wissen verknüpft werden *(70)*. An diesen Punkt knüpft ebenso das Zonenmodell von Senninger *(71)* an, welches besagt, dass Schüler zuerst ihre Komfortzone in Richtung Lernzone verlassen müssen, damit sie sich neues Wissen aneignen können. Darüber hinaus besteht eine Panikzone, in der sich das



Zonenmodell von Senninger (71)

gesamte Wissen befindet, welches für den Schüler momentan noch nicht erreichbar ist. Wird er mit Wissen aus diesem Bereich konfrontiert, fühlt er sich zu sehr überfordert und es stellt sich kein Lernprozess ein.

Der Wissenszuwachs darf dabei nicht bloß quantitativ sein, sondern die Struktur des Wissens muss beim Lernenden ebenfalls qualitativ verändert werden, um ein rein additives Wissen auszuschließen. Das Kumulative Lernen geht mit der innerfachlichen, aber auch Fächergrenzen überschreitenden Vernetzung einher. Hierbei ist wieder zu beachten, dass Kumulatives Lernen bedeutend, also sinnvoll für die Schüler sein muss. Es gilt die Schüler über den Sinn und Zweck eines behandelten Themas zu informieren, damit diese einen Überblick darüber erhalten und so erkennen, warum gerade jene behandelten Punkte wichtig sind. Infolge des Entschlüsselns der Komplexität eines Themas wird dem Schüler so die Logik aufgezeigt und er kann ein Thema als bedeutsam erkennen.

Um einen qualitativen Lernzuwachs zu erreichen, ist es deshalb nicht unbedingt von Nöten, die Schüler mit neuem Wissen zu konfrontieren. Im Gegenteil, wird bei der Vernetzung von Inhalten doch das schon vorhandene Wissen in ein neues Licht gerückt, indem verschiedene Aspekte zum ersten Mal gemeinsam betrachtet werden. Durch diese andersartige Kopplung der Teilaspekte entsteht ein größeres Wissen als das, welches die Lernenden bisher besessen haben. Ein solcher Prozess, der Wissen nach und nach aufbaut, der demzufolge als kumulativer Wissensaufbau bezeichnet werden kann, muss durch einen Unterricht geschehen, der den Erwerb eines bestimmten Wissens als ein Ganzes vorsieht. Bei der Planung eines solchen Wissenserwerbs reicht es nicht aus, das Curriculum eines Jahrgangs zu analysieren, sondern alle Jahrgänge müssen aufeinander abgestimmt werden.

Harns et al. (16) benutzen als Beispiel das Wissen über die Vielzahl aller Lebewesen. Während man auf der Sekundarstufe I in Deutschland, auf 7e in Luxemburg, die Vielzahl der existierenden Organismen kennenlernt, so geht man erst in der Mittelstufe, also hier auf 10e, auf die Einteilung in Prokaryoten und Eukaryoten ein. Während man logischerweise auf der unteren Stufe den Schülern erst zeigt, dass es unterschiedliche Lebewesen gibt, und meistens nur zwischen Pflanzen und Tieren unterscheidet, baut man später auf dieses Wissen auf und fasst sowohl die Pflanzen- als auch die Tierzellen unter dem Begriff Eukaryoten zusammen.

Neben dem schrittweisen Zusammenfügen einzelner Wissenselemente gibt es eine zweite Möglichkeit, Wissen aufzubauen. Hierbei geht man vom Gegenteil aus, indem erst eine globale Idee in ihrem Ganzen definiert wird und man dann versucht, durch Differenzierung die unterschiedlichen Aspekte sichtbar zu machen. Ein solches Wissen empfiehlt sich dann, wenn die Schüler bereits eine globale Vorstellung haben, auf der eine Differenzierung aufgebaut werden kann. Die Vorgangsweise ist dabei so, dass verschiedene Aspekte eines Wissenselementes herausgehoben werden und man sich näher mit ihnen befasst. Die Methode der Differenzierung bietet sich besonders bei Wissen an, mit dem sich die Schüler schon in ihrem Alltag beschäftigen. So können sie das ihnen bekannte Wissen erweitern. Auf 7e lernen die Schüler bereits, dass Pflanzen zur Energieproduktion Wasser und Sonnenlicht benötigen und dadurch Traubenzucker und Sauerstoff herstellen. Dieses Wissen wird später differenziert, indem man auf die einzelnen Etappen der Energieproduktion weiter

eingeht, und sich so zum Beispiel mit den einzelnen biochemischen Reaktionen genauer beschäftigt. Eine weitere Differenzierung erfolgt dann, wenn man sich nicht nur aus biochemischer Sicht mit der Fotosynthese beschäftigt, sondern gleichermaßen die Rolle der Fotosynthese in der Evolution aller Lebewesen und der Umweltkunde mit in Betracht zieht. So wird das Wissen über ein bestimmtes Konzept erweitert, indem man auf bestimmte Punkte eingeht, wie die Verbindung der Fotosynthese mit dem Thema Ökologie.

2.3.4.2.4. Exemplarisches Lernen

In den letzten Jahrzehnten ist die Menge an Wissen in der Biologie extrem stark angestiegen. So reichen die älteren Teilbereiche der Biologie längst nicht mehr aus. Ständig entstehen neue, welche die Biologie weiter aufspalten. In gleicher Weise ist die Zellbiologie davon betroffen. Um überhaupt das Wissen über einen Teilbereich der Biologie abdecken zu können, bedarf es einer überdachten Auswahl an Inhalten. Hier bietet sich das exemplarische Prinzip an. Die Impulse für das exemplarische Auswählen von Unterrichtsinhalten gingen von Wagenschein (72) aus. Seine Konzeption wurde von Petersen (73) aufgenommen und so formuliert, dass *"das exemplarisches Lehren auf einer Stoffauswahl basiert, die grundsätzliche Strukturen eines Faches aufzeigt oder überhaupt das Wesen eines Faches pragmatisch repräsentiert".*

Um ein bestimmtes Beispiel auswählen zu können, muss der Lehrende darauf achten, dass das Beispiel mit den Voraussetzungen der Inhalte im Curriculum übereinstimmt. Hier muss besonders darauf geachtet werden, dass mit Hilfe des Beispiels an den zu erwerbenden Kompetenzen gearbeitet werden kann und das Beispiel sinnvoll in Zusammenhang mit den restlichen Lerninhalten gesetzt werden kann.

Ein Exemplarisches Vorgehen beruht hauptsächlich darauf, dass anhand von einem oder mehreren Beispielen bestimmte sich wiederholende Strukturen, Zusammenhänge, Beziehungen oder Gesetzmäßigkeiten sichtbar werden. So kann man durch Beispiele das Allgemeingültige herausschälen und dieses anschließend durch weitere Beispiele bestätigen und festigen.

Die Auswahl der Inhalte für exemplarisches Lernen sollte sich laut Staeck (15) an folgenden Kriterien orientieren:

„Sind die ausgewählten biologischen Objekte typisch für zahlreiche andere Fälle?

Sind sie angemessen und entsprechend ausgewählt im Hinblick auf die gegenwärtige und möglichst auch auf die zukünftig absehbare Umwelt der Schüler?

Tragen sie der Interessenlage der Schüler Rechnung?

Sind Unterrichtsmedien verfügbar, die die ausgewählten Beispiele angemessen darstellen?

Ermöglichen die Medien in besonderer Weise die Auseinandersetzung mit biologischen/naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen?“

Das Exemplarische Lernen spielt in der Biologie schon so lange eine wichtige Rolle, wie es eine zu große Fülle an Lerninhalten gibt. Seine Grenzen hat das Exemplarische Lernen in der großen Vielfalt der Biologie. Auch wenn

manche Strukturen und Regeln bei vielen Lebewesen in gleicher Art und Weise vorkommen, so ist doch jedes Lebewesen und ebenso jede Zelle für sich besonders. Der Lehrer sollte daher nicht vergessen, die große Vielfalt der Lebewesen, neben den exemplarisch behandelten Beispielen aufzuzeigen. Hier bietet es sich sicherlich an, durch eine Vielzahl an Bildern zu Beginn und durch weitere Beispiele zum Abschluss einer Unterrichtseinheit die ganze Vielfalt aufzuzeigen.

Abschließend kann man sagen, dass ein modernes Lernen viel mehr Möglichkeiten und Abwechslung bietet, als es der Frontalunterricht tut. Dies kann den schon erwähnten Wunsch der Schüler nach „Entertainment“ zum Teil erfüllen. Darüber hinaus trägt die höhere Aktivität der Schüler auch zur Erfüllung dieses Bedürfnisses bei. Um das Lernen dabei relevant zu gestalten, müssen die Themen sowohl an den Interessen der Schüler orientiert sein wie auch an denen des Fachs. Hier bietet sich also in der Zellbiologie das Exemplarische Lernen an, indem man Beispiele wählt, die für die Schüler von einer gewissen Wichtigkeit sind. So werden die Inhalte mit den Interessen der Schüler vernetzt. Die Methoden des Problem- und Situationsorientierten Lernens ergänzen dieses Vorgehen am besten, da diese die Schüler mit einer großen Ausgangsfrage konfrontieren, so wie das auch später im Studium oder der Berufswelt oft der Fall sein wird.

2.3.5. Medialer Einsatz und Methodik

An die Formulierung der Lernziele angelehnt ist die Wahl der Methoden. Dies geht einher mit den einzusetzenden Medien. Killermann et al. (29) schlagen vor, nicht allein von der Methodik zu reden, sondern vielmehr von einem „*Lehr-/Lernarrangement*". Hierbei geht es also nicht nur um das Auswählen einer geeigneten Unterrichtsmethode, sondern auch um das Definieren von allen Dingen, die beim Lernprozess zum Einsatz kommen sollen. So sind dies zum Beispiel der Unterrichtsort, die Arbeitsmittel, die Möglichkeiten der Motivation, der Individualisierung und Differenzierung des Unterrichts sowie die möglichen Formen der Evaluation. Zur besseren Übersicht sollte man meiner Meinung nach jedoch diese diversen Themen aufteilen. Es genügt, im Hinterkopf zu behalten, dass alle Bestandteile das Lehr-/Lernarrangements unvermeidlich miteinander verknüpft sind und einen Einfluss aufeinander haben. Neben den schon erwähnten Formen des Sozialen Lernens werde ich in meiner Arbeit in der Theorie nicht auf weitere mehr oder weniger mittlerweile zum Standard gehörenden Methoden eingehen. Zum einen sind sie den meisten Lehrenden bekannt oder können sehr leicht recherchiert werden, wie zum Beispiel im Werk von Peterßen (60). Zum anderen wird ein Großteil der Methoden durch die Feinziele definiert, welche nicht im Curriculum vorkommen, sondern selbst von den Lehrenden aufgestellt werden. Somit gehören die Methoden nur ansatzweise zum Thema meiner Arbeit. Trotzdem werde ich über den Einsatz von Medien im Unterricht schreiben, da dies ein wichtiger Punkt ist.

2.3.5.1. Medien-Implementation

Medien spielen in unserer modernen Gesellschaft eine wichtige Rolle. Wie aus dem Alltag, so sind sie auch aus der Schule nicht mehr wegzudenken. Dabei muss die Benutzung von Medien im Unterricht sowohl seitens des Lehrers wie auch seitens der Schüler geschehen. Folglich sollte zum einen im Curriculum definiert werden, welches Material der Lehrer zum Unterricht braucht und zum anderen, welche Materialien die Schüler zum Unterricht und zum Lernen benötigen. Für die Lehrer kann man zum Beispiel fertige Unterrichtssequenzen, Fallbeispiele und weiterführende theoretische Literatur angeben. Für die Schüler kann man Skripte, Arbeitsblätter, autonome Lerneinheiten (zum Beispiel Zusatzinformationen für den über den Unterricht hinaus interessierten Schüler), auto-evaluative Maßnahmen, Details zu den Evaluationskriterien oder sonstige Lernunterlagen vorsehen.

Das Unterrichtsmaterial spielt eine wichtige Rolle als Vermittler zwischen dem Lehrer und den Lernenden. Gutes Unterrichtsmaterial lässt sich daran erkennen, dass es die Kommunikation zwischen Lehrer und Lernenden vereinfacht. Schon zu Beginn der Einführung eines Curriculums sollte das pädagogische Material für den Lehrer verfügbar sein. So kann man garantieren, dass die Lehrenden sich ausreichend auf den Unterricht vorbereiten können und nicht viel Zeit und Energie bei der Recherche von geeigneten Medien verlieren. Zusätzlich kann man so garantieren, dass alle Lehrenden über die geeigneten Materialien verfügen, welche zugleich im Einklang mit den didaktischen und methodischen Aspekten, als auch den Lernzielen sind, die im Curriculum festgelegt wurden. Normalerweise bieten sich bestimmte Medien für gewisse Lerninhalte besonders gut an. Da wäre zum

Beispiel das Erlernen eines Prozesses, welcher sich besser anhand eines Videos als mit einer Bilderreihenfolge veranschaulichen lässt.

Bei der Auswahl von Medien ist es zudem wichtig, drauf zu achten, eine möglichst große Anzahl von Sinneskanälen anzusprechen. Wie aus der Lernforschung bekannt (74) gibt es verschiedene Lerntypen, welche jeweils durch einen bestimmten Sinneskanal am besten lernen. Durch den Einsatz von realen Gegenständen, von Bildern, Filmen und Tonsequenzen, kann man nicht nur den abstrakten Lerntyp, sondern gleichermaßen den visuellen und den auditiven unterstützen, sowie in gewissem Maße auch den haptischen.

Der Einsatz von vielen verschiedenen Medien bietet sich besonders in der Biologie an, da es ein Fach ist, welches sich immer mit realen Objekten beschäftigt, die besonders leicht dargestellt werden können. Medien haben dabei verschiedene Funktionen, von der reinen Informationsfunktion, über Verstärker-, Motivations-, Repräsentationsfunktion sowie erklärender und gedächtnisunterstützender Funktion bis hin zur diagnostischen Funktion.

2.3.5.2. Einsatz altbekannter Medien

Die Verwendung von Unterrichtsbüchern stellt auch in der heutigen Zeit meistens noch ein Muss für den Unterricht dar. Dies ist vor allem dadurch bedingt, dass das zu erwerbende Fachwissen von großen Verlagen in Zusammenarbeit mit Ministerien, Lehrern und anderen curricularen Gruppen gemeinsam definiert und festgelegt wird. Indessen weisen Schulbücher meist das Problem auf, dass sie eine sehr große Masse an Texten beinhalten. Dadurch versuchen Lehrer meist den ganzen Inhalt abzudecken, anstatt sich auf wenige, konzeptuell wichtige Aspekte zu beziehen und diese tiefgründig zu behandeln. Hier gilt es also für den Lehrenden aufzupassen und sich selbst und seinem Unterricht die richtigen Grenzen zu setzen.

Weiterhin kann man zwischen einem Lehrbuch, welches der Auf- und Nachbereitung des Unterrichts dient und einem Arbeitsbuch, welches den Schüler zu einem aktiven Wissensaufbau anregen soll, unterscheiden. So vermittelt ein Arbeitsbuch meist nur wenig eigenes Wissen, dient aber dem Aufbau von Wissen durch die Aktivität des Schülers. Enthält ein Lehrbuch nur wenige Aufgaben und gibt es kein Arbeitsbuch, welches man benutzen kann, liegt es am Lehrer selbst, die nötigen Aufgaben zu finden.

2.3.5.3. Einsatz neuer Medien

Der Einsatz neuer Medien, besonders des Computers und des Internets, stellt einen wichtigen Punkt in der Optimierung des Unterrichts dar. Mithilfe des Internets können Informationen schnell gefunden und ausgetauscht werden. Ein Großteil des weltweiten Wissens kann extrem schnell aufgerufen werden. Hinzu kommt, dass die modernen Medien bei Jugendlichen und Erwachsenen mittlerweile einen sehr großen Stellenwert einnehmen. Selbst kann man diese Begeisterung für moderne Medien bemerken, wenn man den gleichen Unterricht einmal mit und einmal ohne moderne Medien durchführt. Hier lässt sich laut meiner Erfahrung ein gesteigertes Interesse durch den Einsatz neuer Medien sofort beobachten. Da die Medien eine

solch wichtige Rolle im Leben der Jugendlichen spielen, sollte man sie also auch in den Unterricht mit einbinden. So kann man die Schülerrelevanz steigern. Zudem kann man während der Verwendung der modernen Medien mit den Schülern über deren Vor- und Nachteile diskutieren und sie auf die Gefahren im Umgang mit ihnen hinweisen. Zugleich kann man den Schülern weitere Verwendungsmöglichkeiten von schon bekannten Informationsquellen aufzeigen und sie lehren, wie man moderne Medien am besten einsetzt.

Das Verwenden von Filmen bietet eine gute Möglichkeit zum Einstieg oder Abschluss einer Unterrichtseinheit. Mit ihnen kann eine stundenbezogene Fragestellung definiert werden oder ein überblickender Stundenabschluss geschaffen werden. Ebenso kann man Ausschnitte aus aktuellen Zeitungen oder aktuelle Beispiele aus dem Internet verwenden.

Um mittels der Verwendung von Medien ein aktives Lernen bei den Schülern auszulösen, ist es dabei wichtig, dass diese Medien nicht sofort die Lösung eines Problems anbieten. Sie sollen eher dazu dienen, ein Problem für die Schüler greifbar zu machen. Die Schüler sollen dann in einem weiteren Schritt die Informationen selbst verarbeiten und dadurch Lösungen für die Problemstellungen finden.

2.3.5.4. (In)direkter Kontakt mit der Wissenschaft

Menschen, die in der Forschung arbeiten, tun dies meist nicht wegen des Geldes oder der guten Bedingungen am Arbeitsplatz. Sie arbeiten in der Forschung, weil sie sich dafür begeistern können. Um die Schüler für wissenschaftliche Studien zu motivieren, kann der Lehrer immer wieder auf wichtige historische und aktuelle Entdeckungen hinweisen. So werden sich die Schüler eher bewusst, dass die Wissenschaft viel mit ihrem alltäglichen Leben zu tun hat. Eine dieser Möglichkeiten ist zum Beispiel das Austeilen von wöchentlich oder monatlich erscheinenden Wissensmagazinen, wie es auch aus dem Sprachunterricht bekannt ist. Ich nutze beispielsweise die Vergabe der Nobelpreise im Oktober jedes Jahr, um die Schüler auf die wichtigsten Entdeckungen und Entwicklungen unserer Zeit hinzuweisen, indem ich die Gewinnerthemen in den Unterricht integriere. Oftmals passt diese Materie sehr gut in den Unterricht, da es sich meist um physiologische oder zellbiologische Themen handelt.

Eine weitere Möglichkeit, die Schüler für die Wissenschaft zu begeistern, wäre es sie mit den Menschen in Kontakt zu bringen, die in der Wissenschaft arbeiten. Hier bietet es sich entweder an, durch eine Exkursion, sofern möglich, ein Labor oder andere Arbeitsstätte zu besuchen oder den Besuch eines Wissenschaftlers an der Schule gemeinsam mit den Schülern zu organisieren. Dies wird zum einen zu einem Zuwachs an Relevanz bei den Schülern führen, da sie Wissenschaftler meist nur aus den Medien kennen und sie so direkt mit ihnen in Kontakt treten könnten. Zum anderen kann der Austausch zwischen den Wissenschaftlern und dem Lehrenden auch sehr interessant sein, da dieser sich so über technische und fachspezifische Neuheiten informieren kann und seinen Unterricht dadurch fachrelevanter gestalten kann.

Als Resümee lässt sich sagen, dass es für die Biologie, wie auch für die Zellbiologie, eine Unzahl an einsetzbaren Medien gibt. Dabei bieten sich besonders in der Biologie Realobjekte an, da wirkliche, fassbare Objekte durch

alle Sinneskanäle besser wahrgenommen werden. In der Zellbiologie ist es leider kein einfaches Unterfangen auf Realobjekte zuzugreifen. Da fast alle Strukturen und Lebewesen, von denen gesprochen wird, mit dem bloßen Auge nicht sichtbar sind, muss man entweder auf die Mikroskopie zurückgreifen, welche doch im Schulsystem begrenzte Möglichkeiten bietet, oder sich mit Schemas und Aufnahmen begnügen. Für die Schüler selbst gilt ein Buch oder ein Script, welches zum Unterricht passt, auch heute noch als Referenz, auf die sie sich im Zweifelsfall beziehen können. Somit ist dieses Medium keinesfalls als überholt zu betrachten. Ob das Buch nun im klassischen Sinne gedruckt oder in digitaler Form vorliegt, ändert dabei nicht an seiner Funktion. Zusätzlich ermöglicht das Internet den Schülern heute weiterführende Informationen sehr schnell zu finden. Diese Fähigkeit sollte unbedingt im Unterricht benutzt werden, um auch neu auftauchende Fragen angemessen beantworten zu können. Weiterhin bietet das Internet die Möglichkeit, sich ständig auf dem neuesten Stand der Wissenschaft zu halten. Diese Möglichkeit sollte auch dazu benutzt werden, den Unterricht durch seine Aktualität realer zu gestalten. Genauso bietet es sich an, in direkten Kontakt mit Wissenschaftlern zu treten, welche Informationen aus der Berufswelt besser vermitteln können, als dies der ausgebildete Biologielehrer tun kann.

2.3.6. Evaluation

Ein letzter Punkt, welcher in keinem Curriculum fehlen darf ist die Definition des Bewertungsvorgangs. Das Erreichen von vorher festgelegten Unterrichtszielen, beziehungsweise von Kompetenzen, lässt sich daran erkennen, inwieweit die Schüler das Gelernte durch Aufgaben wiedergeben, beziehungsweise, anwenden können. Solche Aufgaben nehmen deshalb eine zentrale Rolle in der Evaluation des Gelernten ein. Nicht nur der Lernerfolg der Schüler kann mit Hilfe von Prüfungsaufgaben getestet werden, sondern ebenfalls der Lehrerfolg des Lehrenden. Die Resultate von Tests führen zu einer Bestandsaufnahme, die dazu dient, den Schülern, Eltern und den Lehrern eine Rückmeldung zu geben. Dabei hat die Art und Weise der Rückmeldungen einen großen Einfluss auf den zukünftigen Lernerfolg und die Motivation der Schüler. So hat die Evaluation neben der Vergabe von Noten als Ziel, anhand der Analyse der begangenen Fehler, die Schwächen eines einzelnen Schülers aufzudecken und diese gezielt zu beseitigen. Im Gegensatz dazu lassen sich auch die Stärken eines Schülers erkennen und diese gezielt fördern.

Für einen Biologieunterricht, der die Wichtigkeit der Schülerrelevanz erkannt hat, der also darauf ausgerichtet ist, sinnstiftend und bedeutungsvoll zu sein, ist ein freundlicher Umgang mit Fehlern unabdingbar. Von Schülern begangene Fehler zeigen, welche Punkte im Unterricht nicht verstanden wurden. Sie liefern dem Lehrer wichtige Hinweise auf die Schwachstellen eines jeden Einzelnen, aber ebenfalls einer ganzen Klasse. Werden diese Fehler gemeinsam analysiert und wird an den Schwachstellen gearbeitet, so werden sich die Lernerfolge mit Sicherheit vergrößern.

Damit gemachte Fehler einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg haben können, darf das Aufdecken nicht nur durch summative Evaluation erfolgen, denn diese Art der Evaluation ist sicherlich die schlechteste, um Fehler auszumerzen. Bevor es also zu einem summativen Test kommt, sollte eine Vielzahl formativer Evaluationsmöglichkeiten auf dem Programm stehen, wo Fehler gemacht werden dürfen, um erkannt und schlussendlich verbannt zu werden. So ist eine neue Fehlerkultur von Nöten, in der Fehler nicht nur bestraft werden, sondern auch eine Chance darstellen, sich zu verbessern.

Was in der Theorie sehr gut klingt, ist in der Praxis hingegen meist nur schwer umsetzbar. Hat man eine Klasse nur während einer Unterrichtsstunde pro Woche, stellt sich das Problem, dass wenig Zeit für Diskussionen und Fehleranalyse bleibt. Schließlich sollen alle auf dem Programm stehenden Inhalte angeschnitten werden. Eine Möglichkeit der Wiederholung von Inhalten stellt hierbei die Verbindung schon behandelter Inhalte mit neuen Sachzusammenhängen dar. So wird das bereits Gelernte wieder ins Gedächtnis zurückgerufen, was von den Schülern eine Transferleistung verlangt. Dies kann nicht nur die gesehenen Inhalte festigen, sondern zusätzlich für Motivation sorgen, da das vorhandene Wissen in dem Moment als sinnvoll angesehen wird, da es zur Erschließung neuen Wissens dient.

Die Präzision, mit welcher die Evaluation im Curriculum definiert ist, ist aus den oben erwähnten Gründen also von großer Wichtigkeit. So besteht die Gefahr, dass die Evaluationsmöglichkeiten einen Einfluss auf die Lernziele

und Lerninhalte haben können. Die Tendenz, Lernziele zu vernachlässigen, die nur schwer evaluiert werden können ist ein Beispiel hiervon. Besonders auf den Abschlussklassen, auf denen zertifikative Evaluationen auf dem Programm stehen, ist eine weitere Tendenz unter dem Begriff „*backwash effect*" bekannt. Hierbei geht der Lehrende eher auf die Punkte ein, die im Abitur abgefragt werden, als sich auf alle Inhalte zu beziehen, die im Curriculum stehen. Dieses Phänomen habe ich schon selbst bemerkt. Es geht zum einen vom Lehrenden selbst aus, da dieser die Motivation hat, die Lernenden möglichst gut auf die Abiturfragen vorzubereiten. Zum anderen wird der Lehrende auch von den Lernenden oftmals nur zu diesem Stoff befragt und die Motivation zur Behandlung dieser Themen ist viel höher als die der Materie, die nicht im Examen abgeprüft wird. Hier gilt es allerdings sich dieser Tendenz möglichst zu widersetzen, da nicht nur die Inhalte wichtig sind, die im Examen vorkommen, sondern auch alle anderen. Diese sind schließlich nicht ohne Grund im Curriculum festgehalten worden und sollten deshalb auch Beachtung finden.

Bei der Festlegung der Evaluationsmethoden im Curriculum geht es hauptsächlich darum, zu bestimmen, wie der Lehrer möglichst valide und wahrheitsgetreue Informationen zum Kenntniszugewinn und Lernfortschritt seiner Schüler sammeln kann. Auch wenn die Lehrkräfte fast alle eine pädagogische Ausbildung erhalten haben, so fällt es doch vielen Lehrern schwer, die Qualität einer Evaluation selbst einschätzen zu können. Deshalb ist es angebracht, im Curriculum bei den Evaluationsmethoden auf die Logik zwischen Unterrichtszielen, pädagogischen Strategien und der anschließenden Evaluation einzugehen sowie auf die Wichtigkeit der formativen Evaluation und der zu leistenden Hilfeleistungen. Ebenso darf auf die Wichtigkeit der Schülerrelevanz und die Fairness und den Respekt gegenüber den Schülern hingewiesen werden.

2.3.6.1. Summative Evaluation

Um sicherzustellen, dass die Lernenden die durch das Curriculum gesteckten Lernziele auch erreichen, ist es wichtig, dass der Lehrende bei der Aufstellung der Prüfungsfragen die Lernziele des Curriculums im Hinterkopf behält. Nur so kann sichergestellt werden, dass in dem Unterrichtsfach die Lernziele getestet werden, die gefordert wurden. Es ist außerdem für die Motivation der Schüler unerlässlich, dass das abgefragte Wissen mit den Lernzielen übereinstimmt, welche sie am Anfang einer Unterrichtseinheit erklärt bekommen haben. Bei den wissenschaftlichen Fächern stellt sich überdies oft das Problem, dass jeder Lehrende in einem Spezialgebiet ein tiefgründiges Wissen und persönliches Interesse hat. Es ist sicherlich nützlich, von diesem Wissen zu profitieren und den Schülern so einen besseren Einblick in ein bestimmtes Thema bieten zu können, jedoch muss der Lehrende aufpassen, dadurch nicht die Lernziele zu verfehlen und Themen zu evaluieren, die so nicht vom Curriculum verlangt werden.

2.3.6.2. Formative Evaluation ermöglichen

Möchte man den Lernerfolg der Schüler maximieren, so sollte man unbedingt auf die Möglichkeiten der formativen Evaluation zurückgreifen. Aufgrund ständigen Abfragens des Gelernten geht es darum, den Lernprozess der Schüler besser verfolgen zu können. Dies ist sowohl im Interesse des Schülers, der seinen

Lernfortschritt hierdurch besser einschätzen kann und weiß, welche Fehler sich in Zukunft vermeiden lassen, als auch im Interesse des Lehrers, der durch die Tests ein häufiges und dadurch auch valides Feedback von den Schülern erhält.

Es bietet sich hierbei an, nicht nur die Inhalte abzufragen, sondern von den Schülern auch eine Metakognition zu verlangen, damit sie sich selbst besser über ihre Lernfortschritte und Verbesserungsmöglichkeiten bewusst werden.

Zusammenfassend erfüllt die Evaluation zwei Ziele: die Bewertung der Schülerleistung und die zukünftige Verbesserung dieser. Die formative Evaluation erlaubt dabei das Begehen von Fehlern, welches wichtig für den Lernfortschritt ist. Somit ist sie genauso unabdingbar wie die summative Evaluation, welche das Erreichen der Lernziele abschließend festhält. Es ist also nötig, beide Formen den Evaluation mit in den Unterricht einzubringen, wobei man jeweils Rücksicht auf die ihnen zugestandene Zeit nehmen muss, um auch die nötige Quantität an Wissen vermitteln zu können.

3. Durchführung

Im theoretischen Teil meiner Arbeit bin ich zuerst der Frage nachgegangen, wie man einen modernen Biologieunterricht gestalten kann. Anschließend habe ich den Prozess der Curriculumentwicklung genauer untersucht. Dabei bin ich auf die einzelnen Etappen der Entwicklung eingegangen, wie auch auf alle Rubriken, welche man in einem Curriculum antreffen kann. Im praktischen Teil meiner Arbeit versuche ich nun alle gewonnen Informationen aus meiner Recherche miteinander zu verbinden, umso das Curriculum für das Fach der Zellbiologie der 13eSH aufzustellen.

3.1. Ablauf der Aufstellung

In der Theorie findet die Aufstellung eines Curriculums in mehreren Schritten statt. So geht es in einer ersten Phase darum, einzelne Teile zu testen um herauszufinden, ob diese für das Curriculum passend sind oder ob sie abgeändert werden müssen. Dies geschieht normalerweise auf einigen, wenigen Klassen, in einem kleinen Kreis. Die anschließende, eigentliche Durchführung besteht darin das Curriculum mit einem größeren Teil der Schülerschaft zu testen und dadurch eine größere statistische Validität zu erreichen. Die Einführung des Curriculums auf allen Klassen ist der nächste logische Schritt. Anschließend an die definitive Einführung, geht es um die regelmäßige, langfristige Kontrolle des Curriculums auf seine Brauchbarkeit und die Aktualisierung der Inhalte. Hier geht es darum zu überprüfen, ob das Curriculum immer noch an die Bedürfnisse der Schüler angepasst ist oder ob es erneut adaptiert werden muss.

In der Realität können die gerade beschriebenen, aufeinanderfolgenden Schritte der Auswertung ebenso gleichzeitig zueinander stattfinden. So ist es auch bei meiner Arbeit nicht möglich alle Schritte nacheinander zu vollziehen, da ich ansonsten mehrere Schuljahre zum Abarbeiten der einzelnen Etappen benötigen würde. Auch wenn ich zur besseren Illustration die einzelnen Schritte in dieser Arbeit voneinander trenne, so haben sie in der Realität doch oft gleichzeitig stattgefunden. Dies hat es mir zugleich ermöglicht zwischen den einzelnen Schritten hin- und her zu springen. So konnte ich Optimierungen sofort einbauen, anstatt erst auf die nächste Etappe warten zu müssen.

Im Fall des Curriculums für die Zellbiologie konnte und musste ich dieses sofort bei der ganzen Zielbevölkerung testen, da es nur auf den bisher wenigen 13eSH-Klassen des LTPS angewendet werden soll. Dies hat den Vorteil, dass die ganze Bevölkerung mit ihrer Vielfalt getestet wird, jedoch ebenso den Nachteil, dass die zu testende Bevölkerung eine relativ kleine Anzahl von Schülern darstellt. Die Repräsentativität meiner Recherche kann jedoch, meiner Meinung nach, garantiert werden, da, anders als bei anderen Curricula, dieses nur für eine einzige Schule vorbereitet wird. So ist die Heterogenität der Schüler viel geringer, da alle Schüler zumindest im Vorjahr auf einer 12eSI-Sektion waren und die meisten von einer 10e/11e PS-Sektion kommen (siehe S.62).

Während der ersten Durchführung können sowohl der Aufsteller des Curriculums, wie auch nicht an der Aufstellung Beteiligte, das Curriculum testen. Da es nur zwei Klassen gibt, hatte ich mit der Direktion des LTPS

abgesprochen, auf beiden Klassen im Schuljahr 2014/2015 das Fach der Zellbiologie zu unterrichten. Während der Nachteil dieser Entscheidung darin liegt, dass ich keine Kritik von einem externen Lehrer bekommen kann, so hat sie jedoch den Vorteil, dass ich selbst mit beiden Klassen arbeiten kann und so mehr quantitativen Input erhalte.

Eine externe Evaluation fand trotzdem noch bei der Aufstellung des Curriculums statt. Sie erfolgte durch die Befragung der Biologen und anderen Lehrern des LTPS und durch die Absprache mit der Programmkomission (CNPPS, sous-groupe SH). Weitere externe Quellen stellten Biologielehrer anderer Schulen und Naturwissenschaftler der Universität Luxemburg dar, welche ich befragt habe.

Bei einem wissenschaftlichen Experiment verwendet man meistens Kontrollgruppen, in denen bestimmte Variablen unverändert bleiben, um die getesteten Hypothesen entweder bestätigten oder verwerfen zu können. Bei meiner Erprobung zu dem aufzustellenden Curriculum ist es leider nicht möglich mit Kontrollgruppen zu arbeiten. Theoretisch könnte man zwar eine Klasse als „Test-Klasse“ und eine als Kontrollgruppe zur Durchführung benutzen. So könnte man einen Vergleich anstellen. Es gibt jedoch mehr Argumente, die gegen eine solche Kontrollgruppe sprechen und letztendlich den Anstoß gegeben haben beide Klassen als „Test-Klassen“ zu benutzen. Hierzu zählt, dass es das Fach der Zellbiologie noch nicht im LTPS gibt. So müsste man, neben dem neuen Curriculum, ein „traditionelles“ Curriculum schreiben, auf welches sich die Unterrichtsstunden der Kontrollklasse basieren würden. Dies sehe ich als kontraproduktiv an, da es mir ja darum geht einen modernen Unterricht zu gestalten. Zudem ist es sicherlich besser wenigstens zwei Test-Klassen zur Verfügung zu haben, da man so mehr Informationen sammeln kann. Ein weiterer Vorteil ist, dass ich die Unterrichtsstunden nach einmaliger Durchführung verbessern und sofort auf der zweiten Klasse, in adaptierter Form, erneut testen kann. Dies erlaubt mir eine größere Flexibilität und ermöglicht einen zusätzlichen Schritt in der Qualitätssicherung. Darüber hinaus möchte ich gegenüber den Schülern möglichst fair bleiben. Da es sich um ein Abschlussjahr handelt und die Noten der Zellbiologie mit zum Gesamtdurchschnitt zählen, kann es nicht sein, dass auf beiden Klassen zwei verschiedene Curricula getestet werden. So kann ich verhindern, dass eventuelle Unterschiede auf beiden Klassen, was die summative Bewertung angeht, wegen zwei verschiedenen Curricula verursacht werden und so mögliche Diskussionen über Gerechtigkeit vermeiden.

Um die Validität meiner Erprobung trotz der geringen Schülerzahl aufrecht zu erhalten, habe ich den Erfolg verschiedener Teile des Curriculums zusätzlich durch Vor- und Nachtests analysiert, wobei die Nachtests auch die summativen Klassenarbeiten darstellten. Hinzu kommen mein persönlicher Eindruck während den Unterrichtsstunden, den ich jeweils schriftlich festgehalten habe, als auch die Meinungen der Schüler, die ich mittels weiterer Umfragen und Diskussionen einholen konnte.

3.2. Aufstellung und Erprobung des Curriculums

Zusammenfassend geschieht die Aufstellung des Curriculums für das Fach der Zellbiologie über mehrere Schritte hinweg. In einer ersten Phase habe ich die nötigen Nachforschungen zur dessen Aufstellung angestellt. Anschließend habe ich eine erste Version des Curriculums ausgearbeitet, welche zuerst kurz bewertet und dann auf den beiden 13eSH-Klassen getestet wurde. Nach dieser Durchführung habe ich das Curriculum durch Auto- und externe Evaluationen weiter verbessert. Kleinere Veränderungen habe ich hier sofort nach dem Unterricht gemacht und konnte so, nachdem ich eine Unterrichtseinheit auf einer Klasse durchgeführt hatte, schon eine leicht veränderte Version auf der anderen Klasse testen.

3.2.1. Nachforschungen

3.2.1.1. Auswahl der Literatur zur Unterrichtsvorbereitung

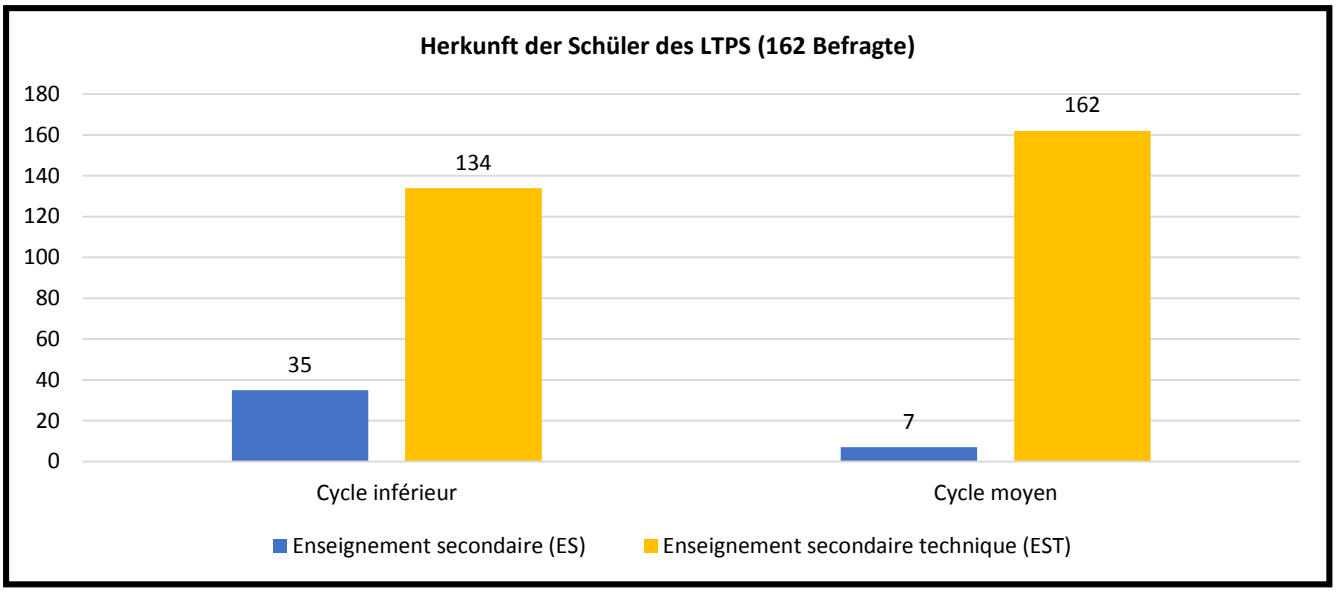
Bevor man mit der Unterrichtsplanung und dem Aufstellen eines Curriculums beginnen kann, steht am Anfang das Beschaffen von Unterrichtsmaterialien und Unterrichtsentwürfen aus pädagogischen Magazinen und Büchern, aber auch von Kollegen und heutzutage immer mehr aus dem Internet. So habe ich mir zuerst die nötige Fachliteratur zugelegt (75) (76) (77) (78) (79) (80), um einen Überblick über das gesamte Themengebiet der Zellbiologie zu erhalten. Außerdem habe ich mir Schulbücher der luxemburgischen Mittel- (81) (82) und Oberstufe (83) (84) besorgt, sowie der deutschen Oberstufe (85) (86) und die dazugehörigen Arbeitsblätter und Unterrichtsvorlagen (87) (88), die mit den verschiedenen Themen der Zellbiologie zu tun haben. Auch ein Buch zur Vorbereitung auf ein medizinisches Studium habe ich mir angeschafft (89). In zwei weiteren, Problemorientierten Büchern (90) (91) und besonders im Internet habe ich die „Case Studies“ (siehe Seite 104) gefunden.

Bei der Auswahl von Inhalten aus solch einer Masse an Quellen gilt zu beachten, dass keine der Inhalte genauso übernommen werden können wie sie vorgefunden werden. Es liegt am Lehrenden die Inhalte so anzupassen und abzustimmen, dass sie sowohl auf das Fach wie auch auf die speziellen Bedürfnisse der Schüler zugeschnitten sind.

3.2.1.2. Analyse der bereits bestehenden Curricula

Nachdem man, nach dem Beschaffen der Literatur, eine sehr große Masse an Informationen besitzt, muss man sich entscheiden, welche Inhalte und Lernziele in das neue Curriculum der Zellbiologie integriert werden sollen. Um dies tun zu können, ist es von absoluter Notwendigkeit sich bewusst zu sein, wo sich das neue Curriculum im Bildungsverlauf der Schüler befindet. Deshalb ist es unabdingbar, sowohl die vorherigen, als auch die möglichen, nachstehenden Curricula der Schüler zu analysieren. Es ist ebenfalls sinnvoll sich mit den bereits bestehenden Curricula anderer Fächer des gleichen Schuljahrs zu beschäftigen. So kann man in diesen schon Tendenzen in bestimmte didaktische und methodische Richtungen wiederfinden und so sehen auf welche Art und Weise institutionelle Vorgaben in diese Curricula eingebunden wurden.

Um Genaueres über das Vorwissen der Schüler zu erfahren, bietet es sich nicht nur an diese zu befragen, sondern es ist außerdem hilfreich die Curricula, beziehungsweise, die Inhalte der Lehrpläne der vorausgehenden Schuljahre zu begutachten. Um auszumachen, welche Klassen die momentanen Schüler des LTPS besucht haben, habe ich auf acht Klassen des LTPS des Jahrgangs 2013/2014 Nachforschungen über die Herkunft der Schüler angestellt.



Dabei haben 35 (21%) der 169 Schüler im „Cycle inférieur“ ein klassisches und die restlichen 134 ein technisches Lyzeum besucht. Im „cycle inférieur“ bietet es sich also an, sowohl die Programme des „Enseignement secondaire“ (ES), wie auch des „Enseignement secondaire technique“ (EST) zu analysieren. Da laut meinen Nachforschungen nur sieben Schüler (4%) am Ende des „cycle moyen“ des klassischen Lyzeums auf eine 12eSI gewechselt sind, konzentriere ich mich für den „cycle moyen“ im weiteren Verlauf nur auf das EST und hier auf die PS-Sektion (Professions de santé et sociales), von der 159 (98%) der 162 Schüler kamen.

3.2.1.2.1. Curricula der 7e/6e/5e ES und der 7e/8e/9e EST

Beginnend mit den unteren Klassenstufen des ES kann man sagen, dass relativ wenig Wissen der Zellbiologie auf dem Programm steht. Auf 7e werden der Grundaufbau aller Lebewesen aus Zellen, wie auch deren Hauptbestandteile und der Vergleich zwischen Tier- und Pflanzenzellen, angestellt. In den praktischen Arbeiten wird der Umgang mit dem Mikroskop geübt sowie die Fähigkeit ein einfaches Präparat herzustellen. Der Vorgang der Befruchtung zwischen den beiden Gameten steht im Kapitel der Sexualität auf dem Programm. Während im ES auf 6e keine Zellbiologie vorkommt, wird auf 5e ausführlich über die Mikroorganismen gesprochen. Hier werden historische Experimente angesprochen und die Nützlichkeit der Mikroorganismen für den Menschen diskutiert. Diese Themen beschäftigen sich zwar mit der Mikrobiologie, haben aber ebenfalls wenig mit dem Bereich der Zellbiologie zu tun.

Im EST ist der Inhalt auf 7e fast gleich mit dem zum ES. Auf 8e wird der Stoffwechsel kurz angesprochen. Auf 9e wird dieses Thema weiter vertieft und es werden im Kapitel der Gesundheit und Fürsorge verschiedene

Krankheitserreger beschrieben. Auch die Zellatmung und der Aufbau einer Nervenzelle können hier behandelt werden.

3.2.1.2.2. Curricula auf 10e/11e PS des EST

Auf dem Programm der „Biologie générale“ der 10PS steht die Zellbiologie mit an erster Stelle. Begonnen wird mit dem Betrachten einer Zelle mit Hilfe des Lichtmikroskops. Diese Untersuchung von Zellen ist sowohl theoretisch, wie auch praktisch vorgesehen. So lernen die Schüler das Herstellen, Beobachten und Zeichnen von mikroskopischen Präparaten. Die Unterschiede der verschiedenen Mikroorganismen des Wassers (Pantoffeltierchen, Algen,...) werden zur Bestimmung der Gewässergüte benutzt. In einem weiteren praktischen Unterricht werden verschiedene tierische Gewebe untersucht. So sollen die Unterschiede verschiedener Gewebearten deutlich werden.

Im theoretischen Unterricht wird der Feinbau der Zelle behandelt. Das Modell einer Biomembran wird studiert und auf Grund dessen wird auch die Zellkompartimentierung erklärt. Auch die Begriffe Diffusion und Osmose werden erklärt. Sowohl der Stofftransport über Kanäle, als auch die Begriffe der Endozytose und Exozytose werden eingeführt. Die verschiedenen Zellorganellen werden behandelt. Zum Schluss dieses Unterkapitels, werden die Unterschiede zwischen Eukaryoten, Prokaryoten und Viren besprochen. Anschließend wird die Zelle als kleinste Baueinheit eines Gewebes und von einem ganzen Organismus betrachtet.

Auf dem Programm steht außerdem der Stoffwechsel. Hier wird auf die Funktionen und Strukturen der wichtigsten Stoffe (Fette, Proteine, Kohlenhydrate) eingegangen. Anschließend wird das Unterkapitel der Biokatalyse behandelt, welches sich mit der Struktur und Funktionsweise von Enzymen beschäftigt. Die Zellatmung und die Fotosynthese werden nicht im Detail, sondern nur im Überblick behandelt. In den praktischen Arbeiten wird der Nachweis von verschiedenen Nährstoffen geübt. Außerdem werden Experimente mit Verdauungsenzymen und denen der alkoholischen Gärung durchgeführt. Ein letztes Experiment beschäftigt sich mit Versuchen zur Fotosynthese.

Auf dem Programm der 11PS steht ein weiterer Teil der Zellbiologie auf dem Programm. Hier wird der Zellzyklus, als auch der Ablauf der Mitose erklärt. In den praktischen Arbeiten ist die Untersuchung von Mitosephasen auf dem Programm. Ebenfalls unter den Inhalten zu finden, ist die Molekulargenetik. Hier wird die DNS als Träger der Erbinformation in ihrer Struktur erklärt. Auch die Replikation der DNA, sowie die Proteinsynthese stehen auf dem Programm. Als praktische Einheit sind die Isolierung von DNA und die Gelelektrophorese vorgesehen. In der Mikrobiologie sind praktische Einheiten vorgesehen. Die Präparation von Nährböden und Nährlösungen, das Heranzüchten verschiedener Kulturen (Heubazillus, Blatthefen, Einzeller, Schimmelpilze,...) stehen auf dem Programm. Hinzu kommt die Mikroskopie von Bakterien inklusive verschiedenen Färbungen.

Bevor die Schüler eine 12eSI besuchen haben sie also schon eine ganze Menge an Zellbiologie gesehen. Zu bemerken bleibt, dass manche dieser Themen nur optional sind, also, dass sie nur von einigen Schülern gesehen wurden. Was ebenfalls auffällt ist, dass die Zellbiologie sehr verstreut in den verschiedenen Programmen

anzufinden ist. Sie wird eigentlich erst auf 10e/11ePS zum Teil zu einem bewussten einzelnen Unterfach der Biologie erklärt.

3.2.1.2.3. Curricula auf 12e/13e

Alle bisherigen Schüler einer 13SH, 204 insgesamt, haben vorher eine 12eSI besucht. So werde ich auch hier nur auf eine einzige Sektion eingehen. Auf der 12eSI haben die Schüler mehrere Fächer, welche mit der Zellbiologie in Verbindung stehen.

Als Erstes wäre die Humanbiologie zu nennen, wo in jedem Kapitel über Zellen und somit direkt über Zellbiologie gesprochen wird. Dies erfolgt jedoch aus rein physiologischer Sicht und ohne in die Details zu gehen.

In der Biochemie erklärt das Kapitel „Struktur der DNS und RNS“ im Detail deren Aufbau, als auch die Proteinsynthese. Das Kapitel „Proteine“ erklärt die Zusammensetzung der Aminosäureketten, sowie die Struktur und Funktionen von Enzymen. In den Kapiteln „Fette“, „Kohlenhydrate“ und „Vitamine und Mineralstoffe“ werden die Strukturen und Eigenschaften dieser Stoffe erklärt. Oft kommen hier auch Beispiele von Zellen und Zellstrukturen zum Einsatz. Im Fach der Nutrition werden die, in der Biochemie angesprochenen, Stoffe dann von der ernährungswissenschaftlichen Seite betrachtet.

Im Fach der Hygiene und Mikrobiologie lernen die Schüler die Grundlagen der Mikrobiologie und der Infektiologie. So lernen sie die Strukturen, Formen und Eigenschaften der verschiedenen Krankheitserreger (Viren, Bakterien, Pilze, Parasiten) kennen. Man beschäftigt sich außerdem mit den Infektionswegen und den Folgen einer Infektion durch einen Krankheitserreger.

Auch im Fach der Medizin-Wissenschaften werden verschiedene Pathologien auf zellulärer Ebene erklärt. Außerdem gibt es ein Kapitel zum mikroskopischen Nachweis von Krankheitserregern.

Auf der 13eSH stehen in der Humanbiologie die Kapitel Nerven- und Hormonsystem auf dem Programm. Auch hier wird über Zellen und die Zellbiologie gesprochen. Genauso verhält es sich mit dem Fach der Medizin-Wissenschaften.

Was die 12e und 13eSI also angeht, so sind es besonders die Humanbiologie und die Biochemie welche Elemente der Zellbiologie aufgreifen. Dabei geht die Biochemie so weit in die Details der Proteinbiosynthese, dass diese nicht mehr in der Zellbiologie behandelt werden muss. In der Humanbiologie ist es hingegen eher ein oberflächliches Abdecken der zellbiologischen Inhalte. Hier bietet es sich an diese aufzugreifen und weiter in die Details zu gehen.

3.2.1.3. Ermittlung der Bedürfnisse und des Vorwissens der Schüler

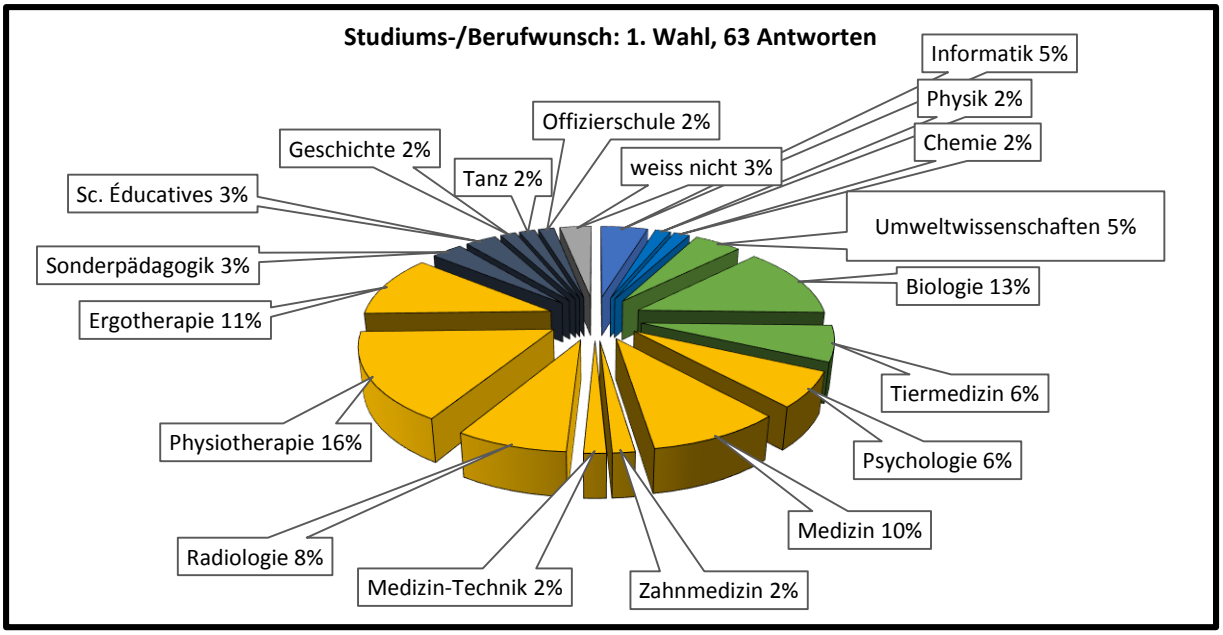
Schaut man sich die Verteilung der Zellbiologie in den verschiedenen Programmen allgemein an, so erkennt man, dass viele der Themen nach dem bereits erwähnten Spiralprinzip (siehe S.47) gelehrt werden. So kommen sie zuerst im „cycle inférieur vor“, werden dann im „cycle moyen“ wieder aufgegriffen und im „cycle supérieur“

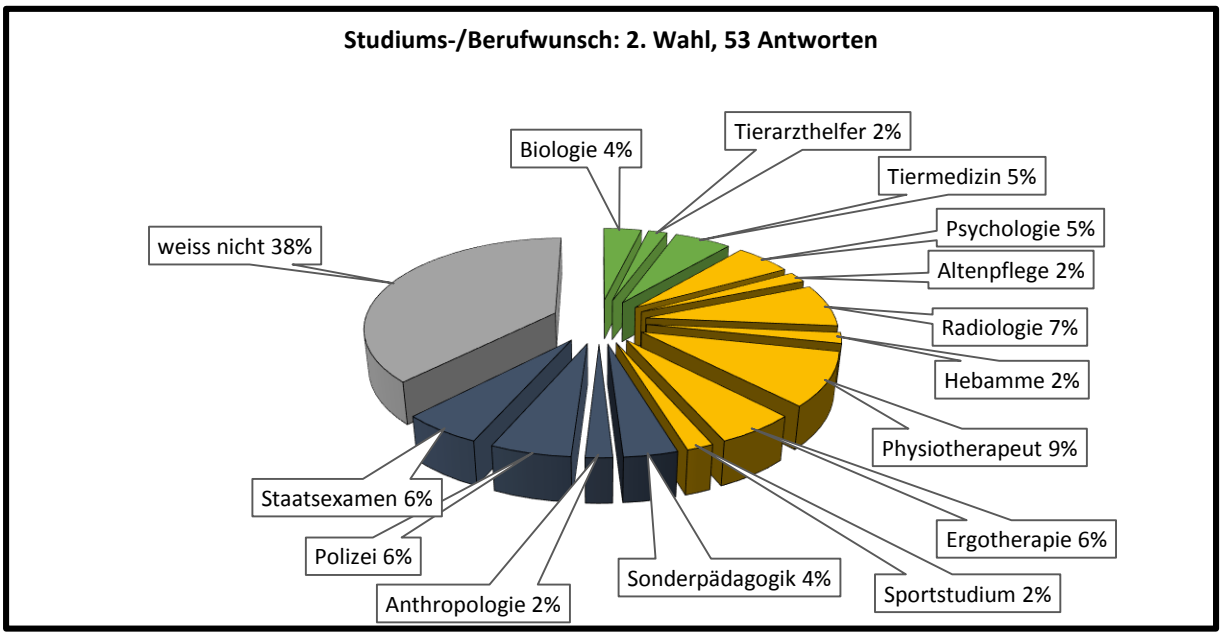
dann noch weiter ausgebaut. Laut den Programmen müssten die Schüler also schon einiges an Vorwissen in der Zellbiologie mit auf eine 13eSH bringen. Programme beschreiben dabei jedoch nur, welche Lernziele erreicht werden sollen, garantieren aber nicht, dass alle Schüler diese am Ende auch erreicht haben. Die Hälfte der Punkte in den Klassenarbeiten zu bekommen reicht aus um versetzt zu werden. So kann es auch sein, dass manche Inhalte überhaupt nicht beherrscht werden. Leider wird genauso wenig alles Wissen behalten, was gelernt wurde. Vieles geht nicht ins Langzeitgedächtnis über. Es reicht also nicht aus nur die Programme zu analysieren, sondern man muss auch testen welche Inhalte in den Köpfen der Schüler wirklich präsent sind.

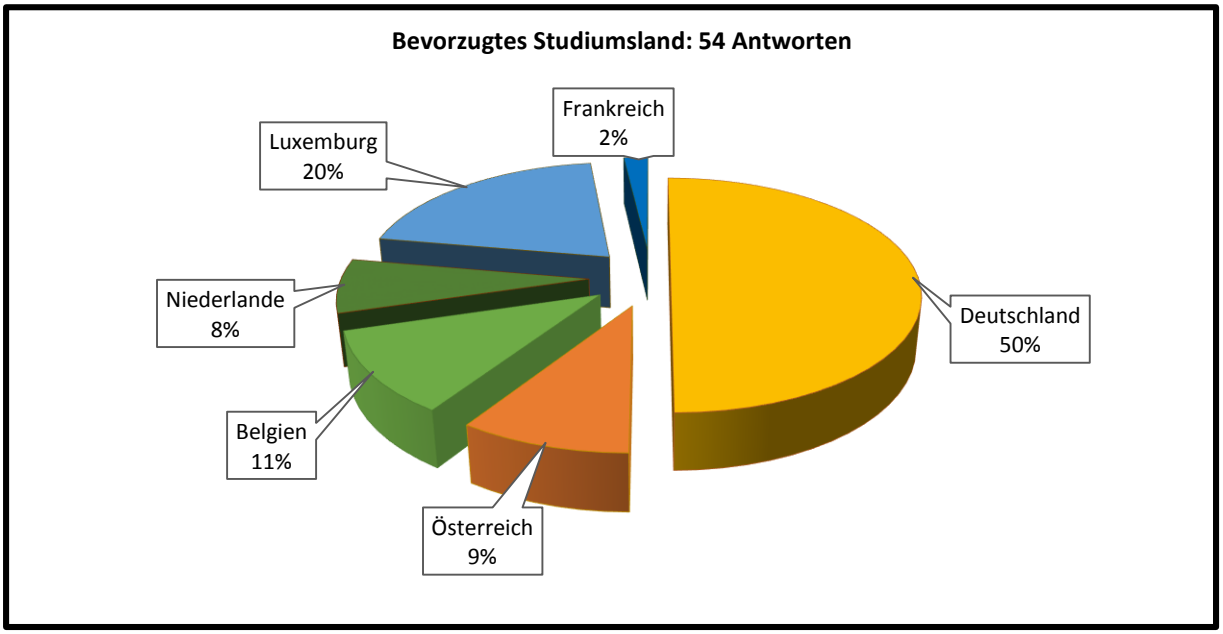
Zur genaueren Einschätzung habe ich vor Beginn des eigentlichen Unterrichts im September 2014 das Vorwissen der Schüler selbst bei einem Vor-Test geprüft. Dabei habe ich eine abgewandelte Methode der Kartenabfrage (23) angewandt. Diese Methode stellt die für mich die beste Art- und Weise dar, um Informationen über Alltagsvorstellungen der Schüler und Inhalte, welche bereits im Unterricht gelernt und behalten wurden zu überprüfen. Hierbei habe ich den Schülern der beiden 13eSH-Klassen zu Beginn der ersten Stunde des Schuljahres 2014/2015 jeweils Fragen in Form von Aufgaben zu einigen Punkten der Zellbiologie und zu ihren Studienvorstellungen, für die Zeit nach dem Abitur, gestellt (siehe Anhang 6.1.: „Vortest der 13eSH zu Beginn des Schuljahres 2014/2015“, Seite 133). Anschließend, habe ich die Antworten eingesammelt und ausgewertet. In der darauffolgenden Stunde habe ich den Schülern das Resultat vorgelegt und gemeinsam wurde kurz darüber diskutiert. Zum Abschluss des Jahres hoffe ich die Lernfortschritte durch einen Vergleich der zu Beginn gesammelten Antworten mit ihrem finalen Wissensstand (Nach-Test) bei der letzten Klassenarbeit des Schuljahres aufzeigen zu können.

Insgesamt haben bei diesem ersten Vor-Test auf beiden Klassen 52 der 57 13eSH-Schüler teilgenommen. In einem ersten Teil habe ich die Studienwünsche der Schüler für das folgende Schuljahr 2015/2016 abgefragt. Zur besseren Visualisierung habe ich die verschiedenen Studienrichtungen in ein Kreisdiagramm übertragen und farblich unterlegt:

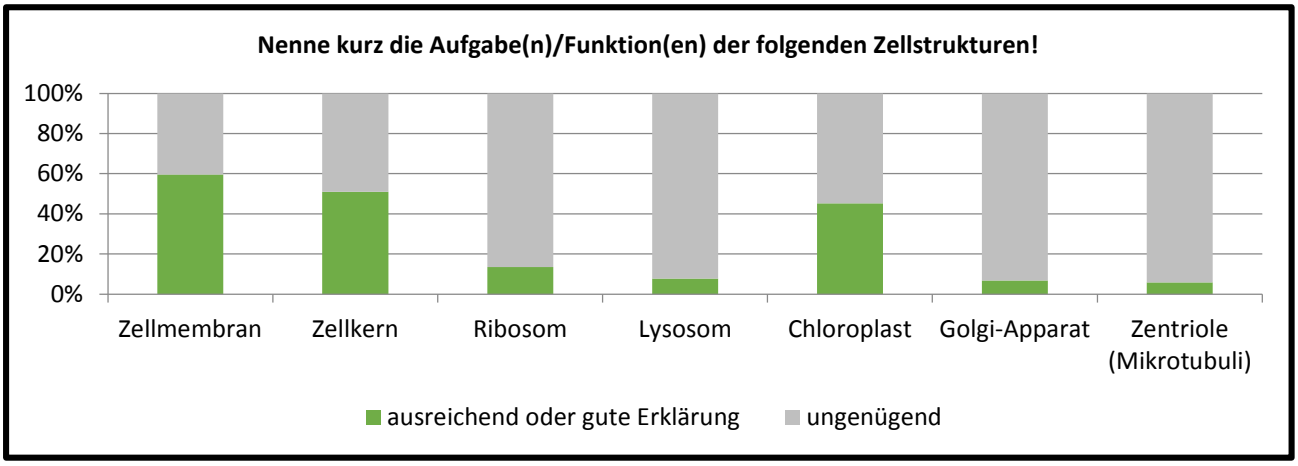
Studienrichtung
Biologie
Medizin und Gesundheitsberufe
Weitere Naturwissenschaften
Humanwissenschaften
Sonstige


Studiums-/Berufwunsch: 1. Wahl, 63 Antworten
Informatik 5%
Physik 2%
Chemie 2%
Umweltwissenschaften 5%
Biologie 13%
Tiermedizin 6%
Psychologie 6%
Medizin 10%
Zahnmedizin 2%
Medizin-Technik 2%
Radiologie 8%
Physiotherapie 16%
Ergotherapie 11%
Sonderpädagogik 3%
Sc. Éducatives 3%
Geschichte 2%
Tanz 2%
Offizierschule 2%
weiss nicht 3%


Studiums-/Berufwunsch: 2. Wahl, 53 Antworten
Biologie 4%
Tierarzthelfer 2%
Tiermedizin 5%
Psychologie 5%
Altenpflege 2%
Radiologie 7%
Hebamme 2%
Physiotherapeut 9%
Ergotherapie 6%
Sportstudium 2%
Sonderpädagogik 4%
Anthropologie 2%
Polizei 6%
Staatsexamen 6%
weiss nicht 38%

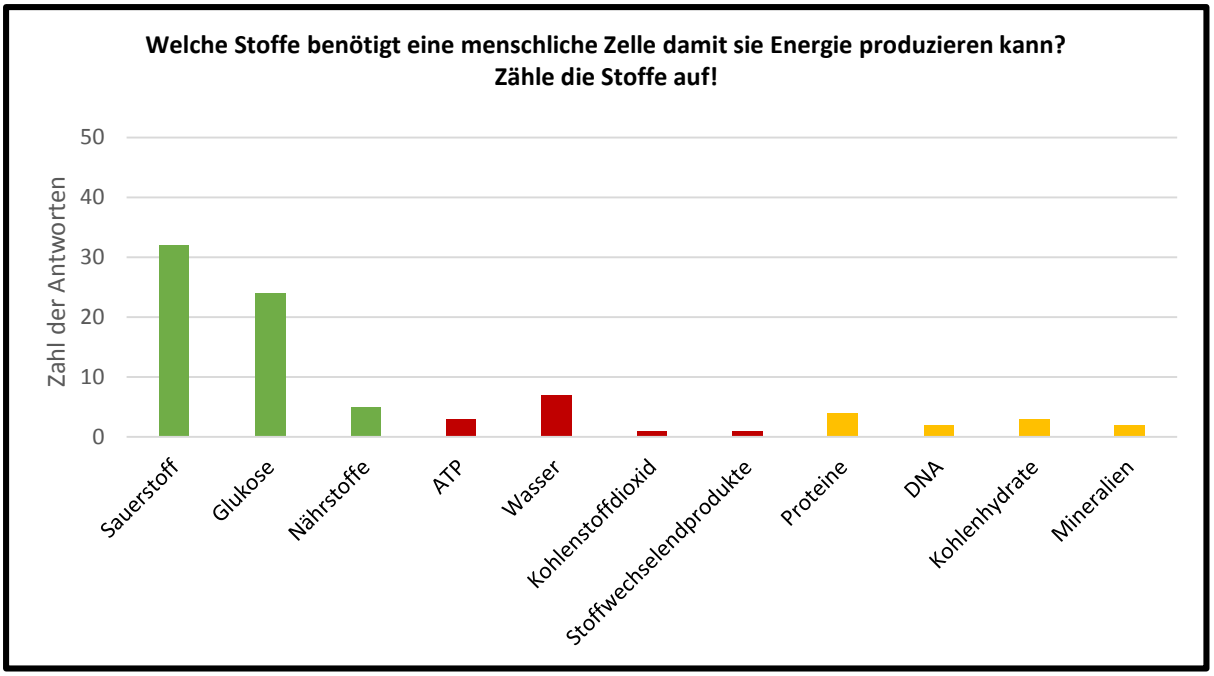

Bevorzugtes Studiumsland: 54 Antworten
Frankreich 2%
Luxemburg 20%
Deutschland 50%
Niederlande 8%
Belgien 11%
Österreich 9%

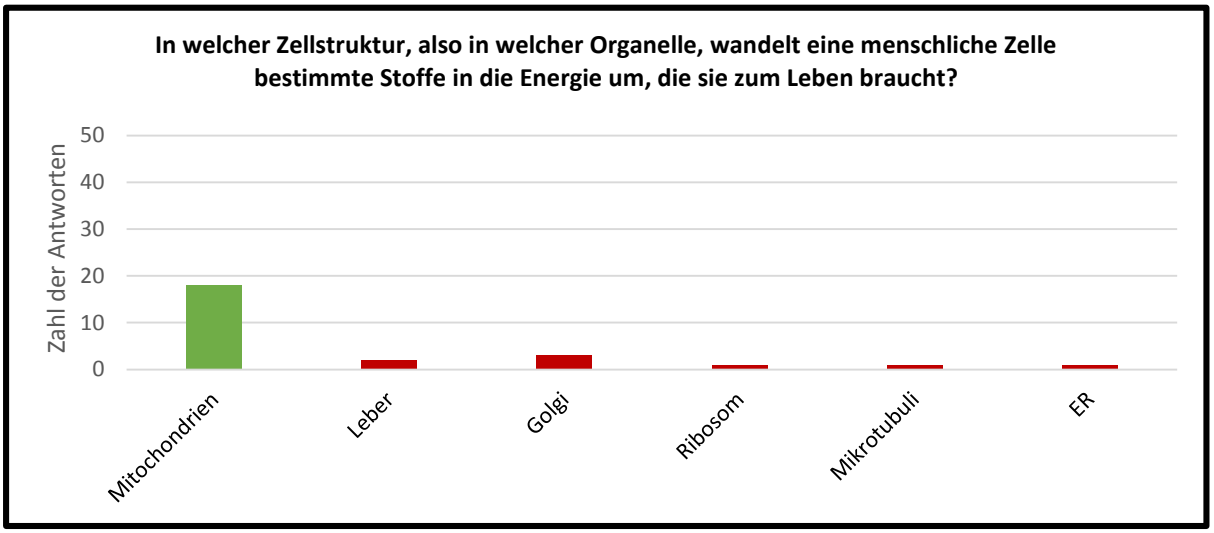
Schaut man sich die Ergebnisse an, so sind diese relativ ernüchternd. Die Ribosomen habe ich bei der zu vervollständigenden Zeichnung als Referenz genommen, da diese im Prinzip auf der 12eSI in der Biochemie von allen Schülern beim Kapitel der Proteinsynthese gesehen wurden. Hierbei erreichen die Schüler einen Wert von 44 von 100 Prozent. Ergänzt man diesen Wert mit dem des endoplasmatischen Retikulums (RE), dessen Funktionen oft auf dieser Klassenstufe mit denen der Ribosomen gleichgestellt werden, so kommt man auf 80%. Dieser Wert stellt das erreichte Maximum aller eingezeichneten Organellen dar. Manchen Schülern sind außerdem noch die Mitochondrien (55%), der Golgi-Apparat (25%) und die Vesikel (25%) bekannt. Die anderen Organellen kann man, meiner Meinung nach, bei den Schülern als unbekannt ansehen, da diese von weniger als 10 % der Schüler eingetragen wurden.

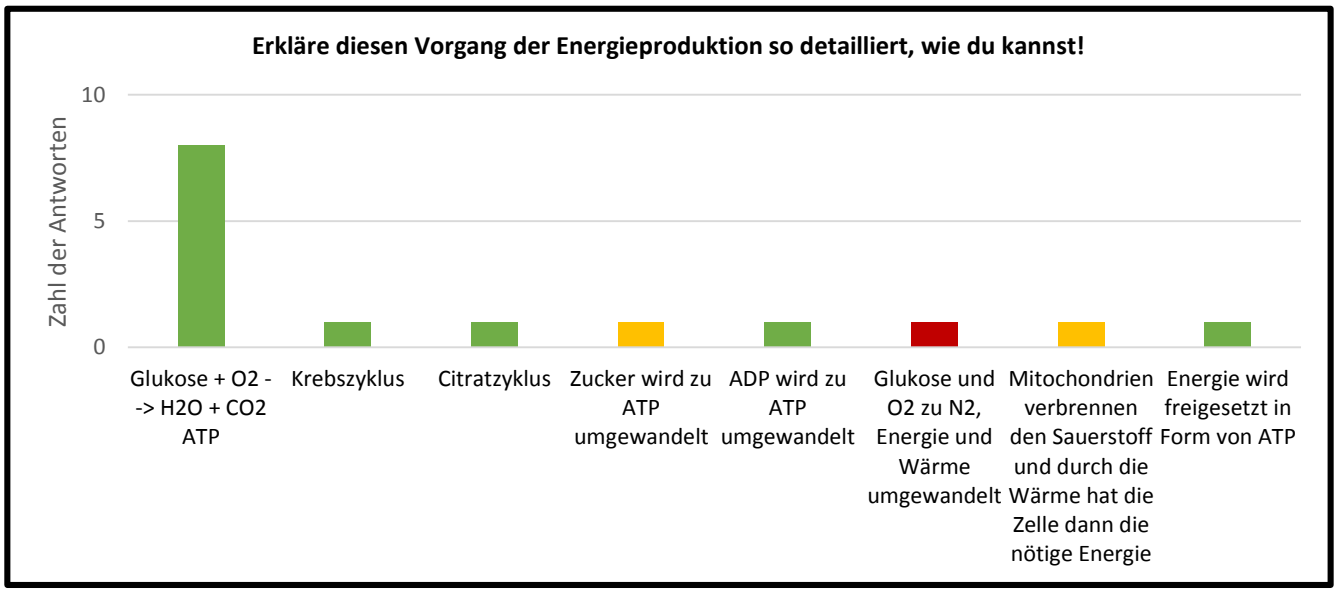


Um die Resultate der ersten Frage zu bestätigen, wurden den Schülern in einer zweiten Etappe die Organellen genannt. Die Schüler sollten daraufhin die spezifischen Funktionen der verschiedenen Strukturen benennen. Schaut man sich diese Resultate an, so bestätigen sie die Vorhergegangenen. Die Funktionen der Zellmembran, des Zellkerns, wie auch der bereits erwähnten Ribosome, müssten den Schülern von der 12eSI her ein Begriff sein. Während das Resultat bei der Zellmembran (60%) und dem Zellkern (51%) bereits schwach ausfällt, können nur etwa 14% der Schüler die Aufgaben der Ribosome korrekt wiedergeben. Das Vorwissen zu den Chloroplasten (45%) ist hier, erstaunlicherweise, deutlich größer. Die Funktionen von Lysosomen, des Golgi-Apparats und der Mikrotubuli sind praktisch unbekannt.

Neben den Zellstrukturen und ihren Aufgaben, wollte ich das Vorwissen der Schüler zum Thema Energieproduktion auf Zellniveau abfragen. Da dies sicherlich eines der komplexeren Themen der Zellbiologie ist habe ich dieses Thema gewählt, um den Schwierigkeitsgrad deutlich anzuheben. Nur so kann man eine klare Differenzierung zwischen dem Grad des Vorwissens der einzelnen Schüler genau erkennen. Die Fragen habe ich ebenfalls der Schwierigkeitsstufe nach in drei aufgeteilt. In den folgenden Diagrammen habe ich die gegebenen Antworten zusammengefasst und farblich nach ihrer Richtigkeit eingeteilt, wobei grün für richtig und rot für falsch steht. Bei den gelben Balken handelt es sich um prinzipiell richtige Aussagen, die jedoch zu ungenau sind oder nichts direkt mit der Frage zu tun haben.


Welche Stoffe benötigt eine menschliche Zelle damit sie Energie produzieren kann? Zähle die Stoffe auf!
Zahl der Antworten
50
40
30
20
10
0
Sauerstoff
Glukose
Nährstoffe
ATP
Wasser
Kohlenstoffdioxid
Stoffwechselendprodukte
Proteine
DNA
Kohlenhydrate
Mineralien


In welcher Zellstruktur, also in welcher Organelle, wandelt eine menschliche Zelle bestimmte Stoffe in die Energie um, die sie zum Leben braucht?
Zahl der Antworten
50
40
30
20
10
0
Mitochondrien
Leber
Golgi
Ribosom
Mikrotubuli
ER

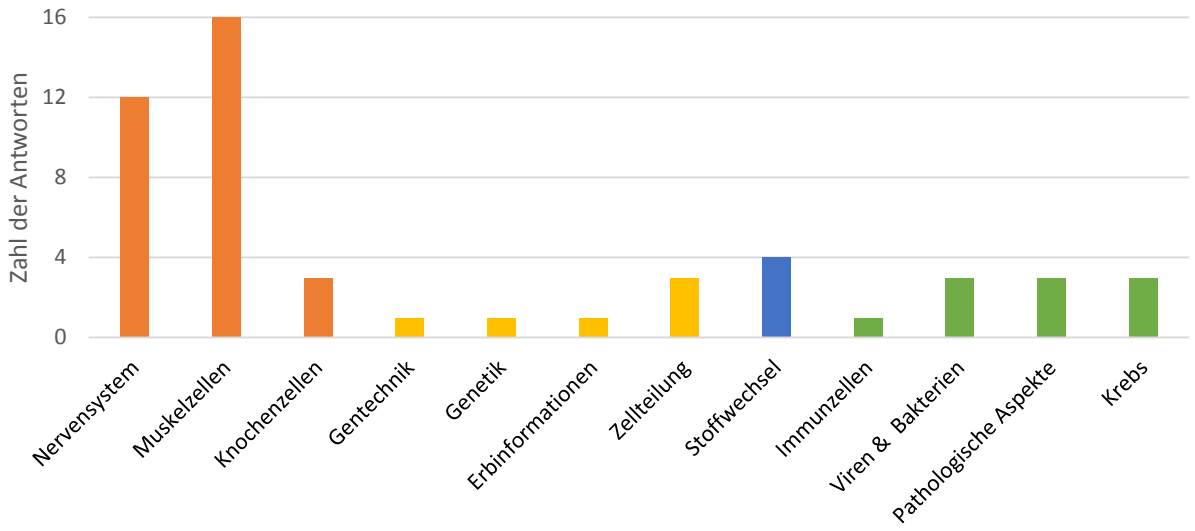

Erkläre diesen Vorgang der Energieproduktion so detailliert, wie du kannst!
Zahl der Antworten
10
5
0
Glukose + O2 -> H2O + CO2 ATP
Krebszyklus
Citratzyklus
Zucker wird zu ATP umgewandelt
ADP wird zu ATP umgewandelt
Glukose und O2 zu N2, Energie und Wärme umgewandelt
Mitochondrien verbrennen den Sauerstoff und durch die Wärme hat die Zelle dann die nötige Energie
Energie wird freigesetzt in Form von ATP

Bei der Auswertung sieht man: Nur etwa die Hälfte der Schüler nennt Glukose (Zucker) und Sauerstoff als die notwendigen Stoffe zur Energieproduktion in der Zelle. Neben dieser relativ geringen Zahl an richtigen Antworten, wird hier auch falsches Vorwissen sichtbar. So geben sieben der 52 Schüler an, dass Wasser zur Produktion von Energie in einer menschlichen Zelle wichtig sei. Ebenso wurden einige andere falsche oder halb richtige Aussagen gemacht. Bei Frage Nummer zwei sieht das Resultat ähnlich aus. Nur etwas mehr als ein Drittel (18) aller Schüler nennen die Mitochondrien als Ort der Energieproduktion. Acht Schüler geben eine falsche Antwort während 26 Schüler diese Frage gar nicht beantwortet haben. So kommt es dann auch, dass bei der letzten Frage nur noch 15 Schüler eine Antwort gegeben haben. Da hier ein freier Text gewünscht war müssen die Antworten fast alle einzeln betrachtet werden. Positiv zu werten ist, dass bei dieser Frage die gegebenen Antworten, auch wenn nicht komplett, meist richtig waren.

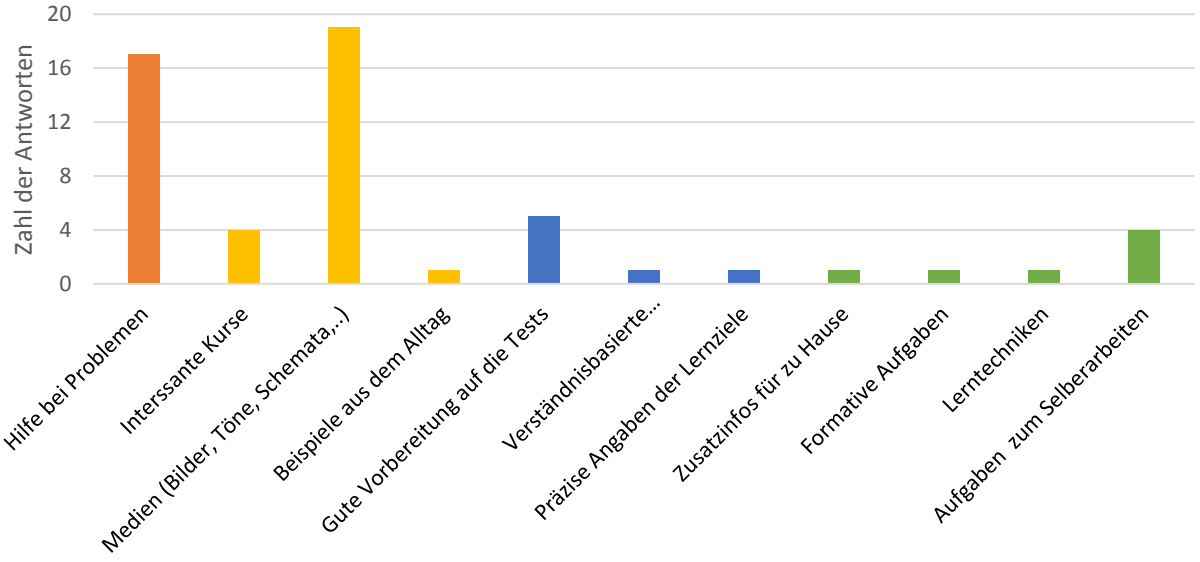
Die Antworten auf die gestellten Fragen zeigen, dass die Schüler nur über einen Bruchteil des Vorwissens verfügen, das sie laut ihrem Bildungsweg theoretisch besitzen müssten. Diese Aussage kann ich durch meine Beobachtungen im Unterricht auf den Klassen der 12e wie auch der 13e, sowie den Aussagen meiner Kollegen, nur bestätigen. So hat Marco Freymann, ein Lehrerkollege aus dem Fachbereich der Chemie, auf den beiden Klassen der 13eSH ebenfalls einen Test zum Wissenstand der Schüler durchgeführt. In einem Gespräch mit ihm hat er angegeben, dass ein Großteil der Schüler über ein Vorwissen in der Chemie verfügt, welches nicht über das der 9eTE herausgeht. So können nur ca. 18% der Schüler klar ein Ion in einer Verbindung identifizieren. Das Ausgleichen von Reaktionsgleichungen bringen nur 39 % zu Stande. Die Resultate dieser Studie bestätigen also die meines Vor-Tests. Auf die genauen Gründe des geringen Vorwissens einzugehen würde den Rahmen meiner Arbeit sprengen, jedoch ist es von großer Wichtigkeit sich dieser Tatsache bewusst zu sein um bei der Planung angemessen darauf reagieren zu können.

In dem letzten, dem dritten Teil des Vor-Tests ging es darum Genaueres über die Schülerinteressen im Hinblick auf ihre Wünsche und Vorstellungen zum Ablauf des Unterrichts herauszufinden. Hierzu wollte ich von den Schülern genauer wissen, welche Themen in der Zellbiologie behandelt werden sollten, wie der Unterricht aufgebaut sein sollte und wie hoch der Stellenwert des Fachs der Zellbiologie für jeden einzeln im Vergleich zu den anderen Fächern ist.

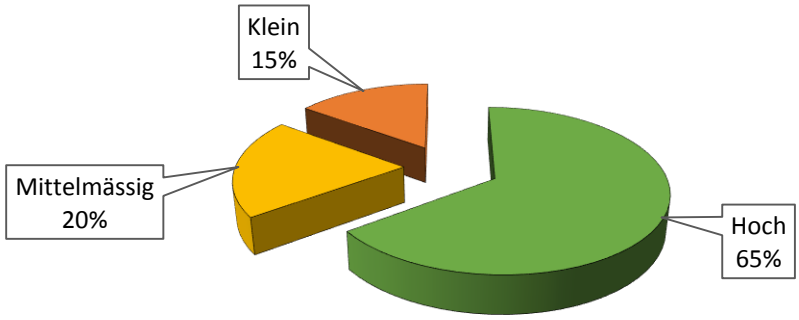
Mit welchen Themen sollte man sich deiner Meinung nach in der Zellbiologie im Unterricht beschäftigen, damit der Unterricht interessant und nützlich wird? (51 Anworten insgesamt)



Welche Art von Hilfestellung beim Lernen erwartest du konkret von deinem Lehrer? (Antworten: 55 insgesamt)



Welchen Stellenwert nimmt für dich das Fach Biologie und besonders die Zellbiologie im Vergleich zu allen anderen Fächern (Scmed, Sprachen, Mathematik, ...) ein? (Antworten: 40 insgesamt)



Aus den Antworten kann man herauslesen, dass eine ganze Reihe von Schülern sich wünschen Details über Neuronen und Muskelzellen zu behandeln. Dies hat wahrscheinlich damit zu tun, dass diese Themen bei manchen Studien, wie die Neuronen für die Psychologie und die Muskelzellen für die Physiotherapie, eine wichtige Rolle spielen. Darüber hinaus können diese Themen für die Schüler auch wichtig erscheinen, da sie in der Humanbiologie behandelt werden und sie sich so erhoffen die Inhalte in diesem Fach besser zu verstehen.

Bei der offenen Frage zu möglichen Hilfestellungen erwarten sich die meisten Schüler Hilfe bei Problemen und die Benutzung von lernprozessunterstützenden Medien. Positiv für das Fach ist, dass 65% der Schüler der Zellbiologie einen hohen Stellwert zuordnen. Die anderen 35% geben mittels Kommentaren oft an, dass das Fach kein Examensfach sei, beziehungsweise einen zu niedrigen Stellenwert habe und sie es deshalb anderen, höher gestellten Fächern unterordnen würden.

Um eine Schlussfolgerung über das Vorwissen der Schüler in der Zellbiologie zu ziehen, kann man sagen, dass es bemerkenswert ist, wie wenig von dem bereits gelernten Stoff bei den Schülern noch abrufbar ist. Auch wenn sie sich nach einer kurzen Wiederholung eventuell wieder an verschiedene Details erinnern können, so sind doch große Wissenslücken vorhanden. Dies könnte daran liegen, dass sie Probleme haben eine Verbindung zwischen den einzelnen Fächern herzustellen und so ein, wie schon erwähnt, begrenztes Inselwissen besitzen. Dies gilt es mit weiteren Untersuchungen und Gesprächen herauszufinden und gegebenenfalls zu verbessern. Letztlich muss man davon ausgehen, dass der Großteil der Schüler nur über ein begrenztes Vorwissen in der Zellbiologie verfügt auf dem man aufbauen kann. Viele Themen müssen also von Grund auf neu eingeführt werden.

3.2.1.4. Analyse universitärer Curricula

Um zu wissen, welches Wissen aufgebaut werden muss, damit die Schüler bei späteren universitären Studien Anschluss finden können ist es von Nöten herauszufinden, wo die Abiturienten ihr Studium beginnen und in welchen Studiengängen sie dies tun. Schaut man sich die Umfrage der gerade Studierenden (siehe S.6) und der aktuellen SH-Schüler (siehe S.66) an, so kann man einige Tendenzen erkennen. Was das Studienland angeht, so bietet es sich an in Luxemburg, Deutschland, Belgien und auch Österreich Nachforschungen zu betreiben. Frankreich kommt, wie andere Länder, so gut wie gar nicht vor und kann deshalb hier ausgeschlossen werden. Was die Wahl der Fächer angeht, so lohnt es sich besonders die Studiengänge Biologie, Psychologie, Pharmazie, Medizin, Ergotherapie, Physiotherapie und Sportwissenschaften näher zu untersuchen. Zur besseren Übersicht habe ich eine Tabelle (siehe S.137) mit einigen, meiner Meinung nach, repräsentativen Studiengängen und ihrer Verbindung zur Zellbiologie aufgestellt. Um die gezeigten Informationen zu sammeln habe ich mich auf der „Studentenfoire“ (92), die im Schuljahr 2014/2015 speziell auf Gesundheitsberufe ausgerichtet war, begeben und dort mit Vertreter verschiedener Universitäten und Berufsverbänden gesprochen. Anschließend habe ich die Rahmenlehrpläne im Internet recherchiert.

In den Rahmenplänen aller untersuchten Studienrichtungen findet man die Zellbiologie wieder, oft sogar über mehrere Semester verteilt. In manchen Rahmenlehrplänen wird die Zellbiologie als einzelnes Fach, in anderen,

verbunden mit der Physiologie oder der Biochemie unterrichtet. So wie erwartet wird in sport-wissenschaftlichen Studienrichtungen vermehrt Wert auf die Funktionsweise des Bewegungsapparats gelegt, während beim psychologischen Studium die Mechanismen des Nervensystems genauer behandelt werden. So bietet es sich also an diese auch als Themenschwerpunkte auf 13eSH zu behandeln. Während in allen anderen Ländern entweder ein Zufallsverfahren und/oder der Abiturdurchschnitt zur Einschreibung ins Studium reichen, muss man in Österreich aktuell Aufnahmetests bestehen. Je nachdem welches Studium man hier belegen möchte, ist ein großes Vorwissen von Nöten. So ist zum Aufnahmetest zum Biologiestudium eine ganze Reihe an Kapiteln aus dem sehr bekannten „Campbell Biologie“ (76) vorzubereiten welches vom Niveau her, ein relativ tiefgehendes Werk ist. Die Zellbiologie spielt also bei allen von mir untersuchten Studien eine Rolle, was ihre Daseinsberechtigung als Fach im „cycle supérieur“ unterstreicht.

Um einen besseren Überblick darüber zu bekommen, welche Inhalte tatsächlich in den verschiedenen Studien behandelt werden, wäre es nötig die genauen Inhalte jedes Studiengangs einzeln zu analysieren und sie anschließend miteinander zu vergleichen. Die Inhalte waren bei meiner Recherche jedoch, bis auf eine Ausnahme, nicht online verfügbar. Ich hätte also in jedem Studiengang den Verantwortlichen anschreiben müssen umso weitere Details zu erhalten. Meiner Meinung nach wäre dies zu zeitaufwendig gewesen, da es sehr lange dauern kann bis man die richtige Kontaktperson gefunden hat und die benötigten Informationen erhält. Ich habe mich deshalb dazu entschieden, den Rahmenlehrplan der Zellbiologie (93) (94) der Universität Luxemburg als Standard zu nehmen. Dieser ist im Biologie- wie auch im Medizinstudium identisch und sollte, da speziell auf die Biologie ausgelegt, doch im Großen und Ganzen weiter in die Details gehen, als dies bei den anderen Studiengängen der Fall ist. So kann man ihn als Anhaltspunkt nehmen. In der folgenden Tabelle habe ich die Inhalte für die beiden ersten Semester kurz zusammengefasst.

Tab. 8. Auflistung der behandelten Inhalte in den Modulen der Zellbiologie im Biologie- und Medizinstudiengang der Universität Luxemburg

Semester 1: Biologie cellulaire et moléculaire 1	**Semester 2: Biologie cellulaire et moléculaire 2**
1. Einleitung zur Zellbiologie 2. Moleküle des Lebens 3. Struktur und Funktionen der Proteine 4. Membrane und Membrantransport 5. DNS (Replikation, Mutation, Reparatur) 6. Von der DNS zum Protein 7. Chromosome und genetische Variation 8. Technologien zu DNS/RNS	1. Energie, Zellatmung und Fotosynthese 2. Intrazelluläre Kompartimente 3. Zellkommunikation 4. Zytoskelett 5. Zellzyklus 6. Gewebe 7. Viren 8. Krebs

So wie die Informationen aus den anderen Studiengängen werden die Inhalte dieses Beispiels bei der späteren Inhaltsauswahl behilflich sein.

3.2.2. Auswahl des Einstiegs

Die Entscheidung ein Curriculum entweder auf Lernziele oder auf Kompetenzen aufzubauen, spielt eine wesentliche Rolle für die weitere Vorgehensweise. Deshalb ist es nötig diese Wahl zu Beginn zu treffen. Im theoretischen Teil meiner Arbeit (siehe S.25) habe ich bereits die Vor- und Nachteile beider Möglichkeiten diskutiert. Noch einmal erwähnen kann man, dass es bei einer beruflichen Ausbildung, wie das, zum Beispiel im LTPS auf den Klassen der „Formation professionelle“ für das „Diplôme d’aptitude professionelle“ im Bereich des „Aide-soignant“ der Fall ist, eher einen Sinn ergibt mit integralen Kompetenzen zu arbeiten. Bei einer beruflichen Ausbildung ist es nämlich relativ einfach die Kompetenzen festzulegen, welche benötigt werden, um diesen Beruf sachgemäß auszuüben. Geht es jedoch darum die Schüler, wie bei der SH-Sektion, auf weiterführende Studien vorzubereiten, so ist es nicht möglich vorherzusehen, welche genauen Kenntnisse und Fähigkeiten sie in Zukunft benötigen werden. Da die Schüler sich darüber hinaus wesentlich mehr Fachkenntnisse aneignen müssen, ist es daher sinnvoll ihnen Methoden zum Erlernen solcher theoretischer Kenntnisse beizubringen. Curricula mit diesem Ausbildungsziel, sollten deshalb entweder auf transversalen Kompetenzen oder auf Lernzielen basieren.

Schaut man sich die aktuellen Curricula der 12eSI und 13eSH an, so sieht man, dass alle bis auf eine Ausnahme über Lernziele und nicht über transversale Kompetenzen definiert wurden. Dies erklärt sich dadurch, dass das Arbeiten mit transversalen Kompetenzen mit den Rahmenbedingungen, die der LTPS für diese Klassen bietet nur begrenzt möglich ist. Die für das Lernen zur Verfügung stehende Zeit, sowie die bisher ausgebildeten Fähigkeiten der Schüler sich Wissen autonom anzueignen sind hier stark begrenzt. Für das Fach der Zellbiologie stehen insgesamt nur 22 Stunden zur Verfügung. Zieht man die Stunden der Klassenarbeit, sowie deren Vor- und Nachbereitung ab, kommt man nur noch auf 16 reale Unterrichtsstunden. Diese Zahl ist im Vergleich mit der Vielfalt an Inhalten, welche die Zellbiologie bietet, sehr gering. Zudem sind die Curricula im LTPS relativ geschlossen was die Möglichkeiten zur Mitgestaltung für die Schüler angeht. So sind die Lernziele genau definiert und die Abfolge des Programms ist zeitlich eng eingeteilt. Die Lernenden können also nur wenig die im Unterricht angeschnittenen Themen und verwendeten Methoden mitbestimmen. Dies ist ein weiterer Grund, welcher für die Verwendung von Lernzielen spricht. Zusätzlich sind diese viel leichter operationalisierbar als transversale Kompetenzen und können so effektiver in summativen Tests evaluiert werden.

Die angesprochene Ausnahme bildet das „Travail d’envergure“ (TRAEN) auf der 13eSH, bei dem die Schüler relativ autonom eine eigene, theoretische Recherche durchführen, dokumentieren und präsentieren. Den Schülern wird dazu eine Menge an freier Zeit zugeschrieben, in welcher sie selbst autonom und durch Coaching an ihrem Projekt arbeiten sollen. Die Grundvoraussetzungen sind also ganz anders als bei den übrigen Fächern. Die Bewertung kann deshalb auch über transversale Kompetenzen funktionieren, wobei auch hier das Problem der Umwandlung von Kompetenzen zu absoluten Noten noch nicht zufriedenstellend geklärt wurde.

Beim Vergleich der Curricula des „régime technique“ des LTPS sieht man also, dass fast alle ausschließlich auf den Einstieg über Lernziele aufbauen. Die Curricula sind aus den genannten pragmatischen Gründen nicht auf

Kompetenzen aufgebaut und auch für das Fach der Zellbiologie bietet es sich an das Curriculum auf Lernzielen aufzubauen. Damit die Schüler jedoch ihre, für universitäre Studien wichtigen, transversalen Kompetenzen aufbauen können, hat man das TRAEN eingeführt, welches auf die Ausbildung der letztgenannten fokussiert ist.

3.2.3. Lernziele

Um die Lernziele eines Fachs definieren zu können muss man sich fragen, auf welche Situationen die Schüler in ihrem zukünftigen Leben vorbereitet werden sollen, damit sie in dem Moment, in dem sie gelerntes Wissens benötigen auf dieses zurückgreifen und es erfolgreich zur Problembewältigung benutzen können. Um dies herauszufinden habe ich sowohl die schon beschriebenen Umfragen zu den Studienplänen der SH-Schüler gemacht (siehe S.64), wie auch mit einer Reihe von Wissenschaftlern gesprochen, die mir für ihr jeweiliges Gebiet das benötigte Wissen und Kompetenzen erklärt haben. Zudem habe ich die Curricula verschiedener Universitäten analysiert (siehe S.71). Da die Schüler eine Vielzahl an Richtungen in ihren Studien einschlagen wollen, habe ich versucht die Lernziele und auch die Inhalte so zu wählen, dass die Mehrheit der Schüler dadurch angesprochen wird. Natürlich, darf man ebenfalls nicht außer Acht lassen, dass es sich nicht nur um allgemeine Lernziele handeln soll, sondern auch um solche, die ebenfalls relevant für das Fach der Zellbiologie sind.

Laut Staeck (15) sind in den meisten Curricula nur Lernziele anzufinden, die zu sehr allgemein gehalten sind. So fehlen beispielsweise Argumentationen zur Stoffauswahl und zur Aufteilung des Unterrichts in verschiedene Domäne, welche den Lehrenden helfen die Lernziele besser zu verstehen. Da es im luxemburgischen System nicht vorgesehen ist solche Details bei den Lernzielen zu vermerken, habe ich dies bei der Rubrik „Wichtige Bemerkungen“ getan.

Wichtige Bemerkungen	Das Fach der Zellbiologie soll, wie andere naturwissenschaftliche Fächer, die Schüler im Sinne der Wissenschaftpropädeutik auf Studien im Bereich der Naturwissenschaften vorbereiten, indem die Schüler Wissen, Arbeits- und Denkweisen der Naturwissenschaften erlernen. Zugleich soll der Unterricht das Interesse an den Naturwissenschaften fördern und eine allgemeinbildende Funktion besitzen, damit die Schüler Lebens- und Lernsituationen, die mit der Zellbiologie in Verbindung stehen, meistern können. (…)

Lernziele	Kognitive Domäne: Die Schüler: - entwickeln ein Verständnis für die Funktionsmechanismen von lebenden Zellen. - erklären die Evolution als wichtige Quelle der biologischen Vielfalt. - wenden naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen an wie: o beobachten, beschreiben o vergleichen, analysieren, zusammenfassen o argumentieren, interpretieren und auswerten. - wenden die spezifische Fachsprache der Zellbiologie korrekt an. Affektive Domäne: Die Schüler: - diskutieren Auswirkungen der geschichtlichen und aktuellen Entdeckungen in der Zellbiologie auf das eigene/gesellschaftliche Leben. (Bioethische Diskussionen über Themen, wie zum Beispiel, die Fortschritte in der Reproduktionsmedizin oder der Gentechnologie) Psychomotorische Domäne: Die Schüler: - beherrschen den Umgang mit neuen Medien.

Bei der Angabe der Lernziele, habe ich mich bewusst dafür entschieden, diese in kognitive, sozio-affektive und psychomotorische Domäne zu unterteilen, so wie es von Christine Möller (46) vorgeschlagen wurde (siehe S.26). Dies soll dazu führen, dass der Leser des Curriculums sich der Wichtigkeit der drei verschiedenen Dimensionen bewusst wird. Das wichtigste Kriterium für Lernziele ist dabei, dass sie operationalisiert sind. Nur so kann der Lehrende feststellen, ob der Lernende ein definiertes Lernverhalten vorzeigt und dieses schlussendlich auch evaluieren.

Wie schon besprochen (siehe S.26), ist es bei den Lernzielen der kognitiven Domäne relativ einfach operationalisierte Lernziele zu erstellen. So lassen sich die vier kognitiven Lernziele bei Tests und Klassenarbeiten abprüfen, indem man wissensbasierte Fragen zu ihnen stellt. Neben den eher traditionellen, inhaltlichen Lernzielen der Zellbiologie, wie das Verständnis für Funktionsmechanismen von lebenden Zellen und das Verwenden einer spezifischen Fachsprache, wollte ich ebenfalls den wichtigen Aspekt der Evolution bewusst in den Lernzielen erwähnen. So wie in der Theorie angegeben (siehe S.12), ist es nämlich wichtig neben den Inhalten (Wirkungsursachen), auch die Zweckursachen zu erklären. Dies kann man am besten anhand der Evolution tun. Zudem ist es in einem modernen Biologieunterricht ebenfalls von Nöten die Arbeits- und Denkweisen der Naturwissenschaften zu fördern. Also habe ich diese auch in einem Lernziel angegeben. Da die

Taxonomie von Bloom (45) den meisten Lehrenden ein Begriff ist, habe ich das Lernziel der Arbeits- und Denkweisen in, an seine Theorie angelehnte Schwierigkeitsstufen, eingeteilt.

Das ausgewählte Lernziel der affektiven Domäne kann man ebenfalls als operationalisiert betrachten. So könnte man in einer Klassenarbeit jeweils die Aufzählung von Argumenten für oder gegen ein bestimmtes Thema, wie die Gentechnologie, verlangen. Hinzu kommen jedoch noch weitere bioethische Diskussionen, welche zwar nicht unbedingt abgeprüft werden können, jedoch trotzdem wichtig für die Entwicklung des Weltbilds der Schüler sind.

Das Erlernen eines angemessenen Umgangs mit neuen Medien betrachte ich ebenfalls als sehr wichtig. Deshalb habe ich dieses Lernziel bei der psychomotorischen Domäne genannt. Eine Prüfung dieses Lernziels scheint mir während Klassenarbeiten jedoch nur sehr schwer durchführbar. Es bietet sich eher an dieses Lernziel während einer Präsentation der Resultate einer Gruppenarbeit, zum Beispiel, zu evaluieren. Auch wenn hier keine summative Bewertung stattfinden kann, so können die Schüler doch formativ evaluiert werden und Lernfortschritte machen. Sie benötigen dieses Wissen außerdem, um sich die Inhalte des Unterrichts aus dem Internet (educloud) zu laden und um nach weiteren, komplementären Informationen zum Unterricht im Internet zu suchen. Dieses Lernziel wird also, zum Teil auch indirekt getestet. Zu diesem Lernziel bleibt zu erwähnen, dass man es vielleicht als überflüssig ansehen könnte, da die Schüler auf einer 13e an sich den Umgang mit Medien beherrschen sollten. Durch meine Erfahrungen im Informatikunterricht kann ich jedoch sagen, dass ich oft erstaunt darüber bin, wie wenig manche Schüler geübt im Umgang mit ihnen sind. Die Schüler der neuen Generationen besitzen zwar fast alle ein Smartphone und verfügen über einen Internetanschluss zu Hause, die immer weiter vereinfachte Bedienbarkeit dieser befähigt sie jedoch nicht zu einer wahren Medienkompetenz so wie sie an einer Universität benötigt wird. Das Anstellen einer qualitativ anspruchsvollen Recherche stellt zum Beispiel genauso ein Problem dar, wie die Textverarbeitung und die Verwaltung von Dateien auf einer Onlineplattform wie der Educloud. Das Lernziel hat also durchaus seine Daseinsberechtigung.

Abschließend kann man sagen, dass die von mir ausgewählten Lernziele alle darauf abzielen, die Schüler ein Stück studierfähiger zu machen. Die Lernziele der kognitiven Domäne enthalten viele Inhalte, welche in den, an die Zellbiologie angelehnten Fächern, an den Universitäten wiederholt und vertieft werden. So besitzen die Schüler bereits ein Vorwissen, auf das sie aufbauen können. Dazu kommt die Theorie der Evolution, welche unverzichtbar beim Erklären von Zweckursachen ist und die naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen, welche nicht nur in der Zellbiologie, sondern in allen wissenschaftlichen Fächern von Nutzen sind. Die affektive Domäne hilft nicht nur dem Wissenszuwachs, sondern sorgt für gesellschaftskritisches Denken bei den Schülern. Dies ist ebenfalls ein Element, welches bei Studenten unabdingbar ist. Schließlich bleibt der Umgang mit neuen Medien, welche den Schülern die Mittel geben sollen, sich das Wissen effizient aneignen zu können.

3.2.4. Inhalte

Neben den Lernzielen stellt die Aufzählung der zu behandelnden Themen einen essentiellen Punkt in einem Curriculum dar. Zur fachlichen Klärung habe ich mir die bereits erwähnten Bücher (siehe S.61) besorgt und mich ebenfalls an den Rahmenlehrplänen der Universitäten orientiert (siehe S.71). So konnte ich die Vielfalt der Themen, welche im Fach der Zellbiologie vorkommen überschauen. Anschließend habe ich versucht eine gewisse Logik in die Themen zu bringen, denn eine Strukturierung des Unterrichts ist für das Verständnis der Schüler von großer Bedeutung. Bei der von mir durchgeführten Sachanalyse ging es darum zu klären, welche Inhalte im Unterricht behandelt werden sollen. Hierbei habe ich versucht die Inhalte so auszuwählen, dass man auf das Vorwissen der Schüler aufbauen kann und auch Rücksicht auf die verschiedenen Studienrichtungen genommen wird, welche die Schüler in Betracht ziehen. Da, nach Harns u.a. (16), die Prinzipien, Ebenen, Diversität und Evolution lebender Systeme unterrichtet werden sollen sowie, die zur Allgemeinbildung beitragenden Punkte vom Verständnis des Menschen selbst und der Rolle der Wissenschaft in der Gesellschaft, habe ich ebenfalls darauf geachtet diese Punkte zu integrieren. Zudem habe ich versucht die Themen so auszuwählen, dass sie wie in der Theorie beschrieben (siehe S.49) weitere Kriterien eines exemplarischen Lernens erfüllen.

Da es wie bei den Lernzielen nicht üblich ist, neben der Auflistung der Inhalte allgemeine Erklärungen zu geben, habe ich diese auch hier in der Rubrik „Wichtige Bemerkungen“ angegeben. So habe ich also besonders auf die Wichtigkeit des Bedeutsamen Lernens hingewiesen, wie auch darauf möglichst interdisziplinäre Inhalte zu verwenden, bei denen die Schüler nicht nur neues Wissen aufbauen, sondern auch schon bekanntes neu vernetzen können.

Zur Wahl der Sprache lässt sich sagen, dass Englisch, an sich die heutige weltweite Sprache der Wissenschaft ist. Ich habe für das Fach der Zellbiologie jedoch entschieden Deutsch als Fachsprache auszuwählen. Dies habe ich getan, da es im technischen Sekundärunterricht üblich ist die Inhalte auf Deutsch zu unterrichten. Auch wenn alle Schüler bereits Englischkurse hatten, so sind sie meiner Meinung nach der Sprache nicht so mächtig als dass sie wissenschaftliche Texte ohne Probleme verstehen und eigene Texte selbst verfassen könnten. Um dies zu unterstreichen, reicht es sich die Resultate des ersten Semesters 2014/2015 der beiden 13eSH Klassen im Englischen anzuschauen. Hierbei können die Schüler wählen, ob sie deutsch oder englisch als zweite Sprache neben dem Französischen wünschen. 36 der 57 Schüler haben sich für Englisch entschieden. Dabei liegt die Durchschnittsnote bei 32,0 von 60 Punkten. 15 der 36 Schüler haben eine ungenügende Note. Demnach kann man sagen, dass nur etwa ein Viertel der Schüler der englischen Sprache so mächtig ist, als dass sie diese vielleicht in anderen Fächern anwenden könnten. Aus diesen Gründen ist es logisch das Fach auf Deutsch zu unterrichten.

Bei der Auflistung der benötigten Vorkenntnisse habe ich zum einen den Biologieunterricht der 10e und der 11ePS angegeben, damit die Lehrenden sich darüber bewusst werden, dass die Schüler manche Inhalte bereits

gesehen haben. Zum anderen habe ich die „Biologie humaine“ und die Biochemie auf 12eSI hinzugefügt, da es sich bei manchen Inhalten anbietet die Beispiele zu wählen, die die Schüler schon kennen, umso mehr da ein Teil der Inhalte der 12eSI zum Examensprogramm auf 13e zählt. Ein Zurückkommen auf diese Themen im Laufe des Jahres ist deshalb sicher nicht verkehrt.

Langue véhiculaire : allemand	
Wichtige Bemerkungen	(…) Die behandelten Inhalte stehen mit dem Alltag der Schüler in Verbindung, ergänzen das Vorwissen der Schüler und sind von Bedeutung für Neuerkenntnisse in diesem Fach (neue Entdeckungen wie z.B. die Epigenetik). Zusätzlich dienen diese Inhalte dazu eine gesellschaftskritische Haltung bei den Schülern zu entwickeln (z.B. pro und contra genmanipulierte Lebensmittel). Hierbei soll die Verwendung von interdisziplinärem Wissen bevorzugt werden, da dieses besonders sinnstiftend ist. Es eignen sich besonders die Inhalte der Biochemie und der Humanbiologie, wobei auch Inhalte anderer wissenschaftlicher und nicht wissenschaftlicher Fächer miteinander verknüpft werden können.
Vorkenntnisse	Zellbiologische Inhalte der vorherigen Ausbildungsjahre, siehe : - Rahmenlehrpläne der „Biologie générale“ der Klassen 10e und 11e PS - Rahmenlehrpläne der „Biologie humaine“ und „Biochemie“ der Klasse 12e SI

In den folgenden Abschnitten habe ich zu jedem ausgewählten Thema meine Begründung zur dessen Wahl angefügt.

3.2.4.1. Einleitung

Thema	**Zu behandelnde Punkte**	**Anzahl der Stunden**
Einleitung	**Mikroskopie** - Von groß zu klein (verschiedene Mikroskope) - Die Eukaryotenzelle im Überblick	2

Laut Staeck (15) bietet es sich beim Einstieg in das Gebiet der Zellbiologie an, die Strukturen der Zelle sowohl mit Hilfe des optischen, wie auch des elektronischen Mikroskops zu betrachten. Dies bedeutet, dass die Schüler in einer ersten Phase einen Überblick über die Vielfalt der mikroskopischen und molekularen Lebensvorgänge bekommen sollen und so anhand von Beobachtungen eine Ahnung davon bekommen, in welchen Größendimensionen diese ablaufen. Auch ich habe mich dazu entschlossen mit einigen historischen Aspekten,

wie zugleich der Technik der Mikroskopie die Vielfalt der Lebewesen aufzuzeigen. Um den zeitlichen Rahmen nicht zu sprengen, werden jedoch keine praktischen Arbeiten hierzu durchgeführt, sondern es werden Bilder in Partnerarbeit betrachtet und ausgewertet. Zusätzlich zum klassischen Zeigen der Bilder, bietet die Internetseite „The Scale of the Universe“ (95) eine sehr gute Möglichkeit sich durch die verschiedenen Größendimensionen zu scrollen und stellt damit ein sehr praktisches Hilfsmittel dar. Anschließend wird der Aufbau einer Eukaryotenzelle anhand des Menschen als Beispiel wiederholt.

3.2.4.2. Zellmembran

Thema	**Zu behandelnde Punkte**	**Anzahl der Stunden**

Zellmembran	**Aufbau der Zellmembran**
	- Lipid-Doppelschicht
	- Membranproteine
	
	Membrantransport
	- Semi-Permeabilität
	- Diffusion und Osmose
	- Transporter
	- Ionenkanäle
	  o Membranpotential
	  o Signalübertragung in Nervenzellen
		4

Nach dem Überblick, wie man Zellen beobachten kann und welche Strukturen generell bei ihnen zu finden sind, wird die Zellmembran behandelt. Diese stellt die Verbindung der Zelle mit der Außenwelt dar. Sie trennt diese von ihr ab. Somit hat sie sehr wichtige Funktionen, wie den Schutz der Zelle und die Regulation des Stoffaustauschs. Es ist also wichtig die Zusammensetzung der Zellmembran und die verschiedenen Methoden des Membrantransports zu kennen. Die Funktionsmechanismen der Ionenkanäle stellen hierbei einen besonders wichtigen Punkt dar, da sie es sind, die in den Nervenzellen die Weiterleitung von Informationen ermöglichen. Da das Nervensystem und die Neuronen auch auf dem Programm der Humanbiologie der 13eSH stehen, bietet es sich an das Thema zeitnah in beiden Fächern zu behandeln. Nach meinen Recherchen ist es außerdem nicht nur für Biologiestudenten wichtig die Funktionsweisen der Neuronen zu verstehen, sondern ebenfalls für Studenten aus den Fächern der Psychologie, der Physio- und Ergotherapie. Es lohnt sich also hier besonders sich etwas Zeit zu nehmen und ins Detail zu gehen.

3.2.4.3. Zellkontakte und Zellkommunikation

Thema	Zu behandelnde Punkte	Anzahl der Stunden
Zellkontakte und Zellkommunikation	**Zellkontakte**: - Haftkontakte - Verschlusskontakte - Kommunikationskontakte	1

Um eine logische Reihenfolge zu ermöglichen, bietet es sich an, kurz von den Zellkontakten und der Zellkommunikation zu sprechen. Darüber hinaus, dass bestimmte Zellen Haft- und Verschlusskontakte bilden, um Gewebe zu bilden oder bestimmte Regionen innerhalb von Geweben vom Rest des Körpers abzugrenzen, ist es auch hier besonders die Kommunikationsfähigkeit, die interessant ist. Den Schülern bekannt ist meistens die Kommunikation zwischen Nervenzellen über die, sogenannten, chemischen Synapsen. Dies wird ebenfalls im Fach der Humanbiologie kurz angeschnitten. Die Funktionsweise dieser Kommunikation zu verstehen ist jedoch besonders wichtig, um die Modulierbarkeit der Signale durch ein Aufeinandertreffen verschiedener, exzitatorischer und inhibitorischer Nervenimpulse zu verstehen, wie auch die Auswirkung von Drogen und pharmazeutischen Substanzen auf unseren Körper. Diese Mechanismen spielen also bei den Studiengängen der Medizin und der Pharmazie eine wichtige Rolle. Nebenbei bietet es sich an über die „Gap junctions“ zu sprechen, welche ebenfalls die Kommunikation der Signale zwischen Zellen ermöglichen. Diese Kommunikation ist jedoch nicht modulierbar. Als besonderes Beispiel bietet sich hier die Kommunikation zwischen den verschiedenen Zellen des Herzschrittmachersystems im Herzen mit dem Myokard an. Dieses Thema wird auf 12eSI in der Humanbiologie behandelt. Durch das Verwenden dieses Beispiels können sich die Schüler besser vorstellen, wie diese Kommunikation abläuft und warum es an manchen Stellen von Nöten ist, dass eine Kommunikation nicht modulierbar ist.

3.2.4.4. Zellkern, Erbinformation und Proteinsynthese

Thema	**Zu behandelnde Punkte**	**Anzahl der Stunden**
Zellkern, Erbinformation und Proteinsynthese	**Struktur des Zellkerns** **DNS**: - Aufbau (kurze Wiederholung) - Kompaktierung und Epigenetik **Proteinsynthese** - Transkription und Translation (kurze Wiederholung) - Ribosomen	2

Nachdem man definiert hat, wie die Zelle sich zur Außenwelt abgrenzt und mit ihr kommunizieren kann, bietet es sich an, näher auf die Funktionen in der Zelle selbst einzugehen. Da der Zellkern eine zentrale Rolle in der Steuerung aller Zellvorgänge einnimmt, ist es logisch diesen als Erstes zu behandeln, um danach auf alle Zellvorgänge einzeln und im Detail einzugehen. Ein Großteil der Inhalte dieses Themas steht auf dem Programm der 12eSI in der Biochemie. So wird der Aufbau der DNS und die Proteinsynthese im Detail behandelt. Die Schüler besitzen dank dieses Fachs ein gewisses Vorwissen, welches durch die Lektüre des Themas schnell wieder in Erinnerung gerufen werden kann. Es ist also hier nicht nötig ganz von neuem zu beginnen. Somit nutze ich bei diesem Thema die Gelegenheit weniger Theorie zu vermitteln, sondern mehr auf die, für die Biowissenschaften interessanten, Applikationen einzugehen. Das Thema wird dadurch gesellschafts- und auch fachrelevanter.

3.2.4.5. Intrazelluläre Kompartimente und Transport

Thema	Zu behandelnde Punkte	Anzahl der Stunden
Intrazelluläre Kompartimente und Transport	**Kompartimente** - Endoplasmatisches Retikulum - Golgi-Apparat - Lysosome - Endosome **Transport** - Vesikulärer Transport - Proteinsortierung - Bläschentransport o Endozytose o Exozytose	2

Der Zellkern steuert die Herstellung von Proteinen, Enzymen und allen weiteren Bestandteilen der Zelle. Nachdem die Proteinsynthese behandelt wurde, wird im Anschluss über die Synthese von anderen Stoffen, wie den Lipiden, und den Transport dieser Stoffe gesprochen. Besonders die Phänomene der Endo- und Exozytose sind hier von Bedeutung, da sie mit am Stoffaustausch und den immunologischen Funktionen von Zellen beteiligt sind.

3.2.4.6. Zytoskelett

Thema	Zu behandelnde Punkte	Anzahl der Stunden
Zytoskelett (fakultativ) (1 zur Auswahl)	**Aktinfilamente** - Struktur - Funktion (Beispiel : Muskelkontraktion) **Intermediärfilamente** **Mikrotubuli und Zentriolen** - Struktur - Funktion (Beispiel : Zellzyklus) o Die Mitose o Die Phasen des Zellzyklus	5

Das Zytoskelett stellt das Gerüst der Zelle dar, welches zur ihrer Stabilisierung beiträgt. Zudem verleiht das Zytoskelett einer Zelle eine gewisse Elastizität und ermöglicht den Transport von Zellstrukturen. Die Behandlung dieses Themas scheint auf den ersten Blick nicht so wichtig zu sein, jedoch stellt es für alle Schüler die sich in späteren Studien mit der Funktionsweise von Muskeln beschäftigen, einen wichtigen Punkt dar. Myosin und Aktin sind Proteine, welche man in den Muskelfasern wiederfindet. Sie sind beim Mechanismus der Kontraktion für die Verkürzung des Muskels verantwortlich. Aus diesem Grunde ist es für Studenten im Bereich der Sportwissenschaften, der Physiotherapie- und der Ergotherapie unerlässlich diese beiden Proteine zu kennen. Zudem, spielen die Mikrotubuli eine wichtige Rolle im Zellzyklus. So sind sie nötig, um bei der Zellteilung jeweils ein Schwesterchromatid eines Chromosoms auf die beiden zukünftigen Tochterzellen zu verteilen. Diese Inhalte stehen auf der 11ePS auf dem Programm und werden auch besonders bei Studien im Bereich der Biologie und der Medizin benötigt.

3.2.4.7. Energie

Thema	Zu behandelnde Punkte	Anzahl der Stunden
Energie (fakultativ) (1 zur Auswahl)	**Glykolyse** **Zitronensäurezyklus** **Energiegewinnung** - Chloroplasten - Mitochondrien o Oxidative Phosphorylierung **Elektronentransport und Protonenpumpen**	5

Zum Leben benötigt der Mensch Energie, welche in Zellen in Form von ATP gespeichert wird. Die Herstellung dieser Moleküle ist ein komplexer Prozess von Stoffwechselvorgängen, welche erstmals auf der 10ePS behandelt werden. Bis zum Schuljahr 2013/2014, stand eine Wiederholung aller metabolischen Prozesse auf dem Programm der Biochemie der 12eSI. Aus zeitlichen Gründen, wurde dieses Thema allerdings aus dem Programm gestrichen. Da die Studierenden in fast allen biologischen, medizinischen und sportwissenschaftlichen Studien mit diesem Thema in Kontakt kommen, ist es trotzdem wichtig dieses Thema im „cycle supérieur" zu behandeln. Hierbei soll auf die einzelnen Prozesse in logischer Reihenfolge eingegangen werden. So sollte zuerst von der Glykolyse gesprochen werden, welche das, für den Zitronensäurezyklus nötige, Pyruvat aus Glukose herstellt. Der Ablauf des Zitronensäurezyklus ist anschließend von Bedeutung, da hier Zwischenprodukte gebildet werden, welche schlussendlich durch oxidative Phosphorylierung zur Produktion von einer Vielzahl von ATP-Molekülen benutzt werden. Kenntnisse über den Elektronentransport und Protonenpumpen helfen indes die metabolischen Prozesse besser zu verstehen und erweiterten das Wissen über die, in der Zelle enthaltenen, Membranproteine. Ein abschließender Vergleich zwischen der Energiegewinnung in Pflanzen- und in Tierzellen, kann sowohl dazu benutzt werden, um auf Aspekte des Umweltschutzes (Bedarf von Bäumen zur CO_2-Bindung) hinzuweisen, als auch über die Endosymbiontentheorie zu diskutieren.

3.2.4.8. Fakultative Inhalte

Die beiden letzten Themen habe ich als fakultativ gekennzeichnet. So kann der Lehrende entscheiden, welcher dieser beiden Themen er bevorzugt behandeln möchte. Mit den wie bereits erwähnten 22 Unterrichtsstunden, die man in einem Jahr zur Verfügung hat, ist es nämlich schwierig alle nötigen Themen zu behandeln. Da beim Treffen der nationalen Programmkomission am 28. Januar 2015 (CNPPS, sous-groupe SH) über eine weitgreifende Reform der 13eSH diskutiert wurde, bei der in absehbarer Zeit der TRAEN auf 12e verschoben werden würde, ist es sinnvoll die beiden fakultativen Themen im Programm zu belassen. In diesem Falle würden nämlich sämtlichen anderen Fächern auf der 13eSH weitere fünf Wochen zur Verfügung stehen, in denen diese Inhalte dann behandelt werden könnten.

Was die weitere Sachanalyse angeht, so habe ich mich bewusst dafür entschieden im Programm hauptsächlich auf eukaryote Lebewesen einzugehen und oftmals den Menschen als Beispiel verwendet. Zum einen erhoffe ich mir dadurch die verschiedenen Themen für die Schüler relevanter zu machen, da sie sich besser mit ihnen identifizieren können, zum anderen wird der Aufbau prokaryoter Zellen und Viren im Fach der Mikrobiologie auf der 12eSI bereits behandelt. Zudem bin ich im Kapitel der Zellkommunikation nicht auf die Mechanismen der Signalübertragung, wie die Funktionsweise der G-Protein-gekoppelten Rezeptoren eingegangen. Dies wird beim Kapitel des Hormonsystems in der Humanbiologie der 13e behandelt. Ich denke nicht, dass ein tiefgreifendes Unterrichten auf diesem Gebiet sehr nützlich für die meisten Schüler sein würde, da die biochemischen Prozesse hier so komplex sind, so dass sie meist nur in weiterführenden Studien und auch dort nicht im ersten Jahr erklärt werden.

Vergleicht man die Inhalte mit denen welche die Studenten im ersten Jahr im Biologie- und Medizinstudium an der Universität Luxemburg benötigen (siehe S.72), so sieht man, dass das Fach der Zellbiologie die bestehenden Wissenslücken füllen sollte. So können die Schüler bisher vom Vorwissen aus dem Unterricht der Biochemie auf 12eSI profitieren um die Struktur der Erbinformationen besser zu verstehen. Auch der Unterricht in der Hygiene und Mikrobiologie der 12eSI ist nützlich um die Strukturen und Funktionsweisen der Mikroorganismen zu begreifen. Alle anderen Themen wurden jedoch bisher nicht behandelt und werden jetzt, zu einem großen Teil, auf 13eSH aufgegriffen.

Alles in allem habe ich also mit Hilfe der Sachanalyse versucht die zu behandelnden Themen so zu wählen, dass die Schüler bei ihren zukünftigen Studien bereits ein Vorwissen besitzen, damit sie neue Inhalte besser assimilieren können. Hier bleibt zu bemerken, dass es wohl durchaus sinnvoll ist die Schüler bei jedem Thema darauf hinzuweisen, in welchen Studien sie dieses benötigen werden. Zum einen können sie so motiviert werden sich speziell mit diesem Thema zu befassen, zum anderen werden sie so auch angeregt sich Gedanken über die Wahl ihrer Studiums anhand ihrer fachlichen Präferenzen zu machen.

3.2.5. Schüler- und Lehreraktivitäten

Methoden und Lernmittel	- Einzel- und Kleingruppenarbeit - Fragend-entwickelnder Unterricht - Lehrervortrag - Exemplarisches Lernen - Situationsorientiertes Lernen - Problemorientiertes Lernen

Ein moderner Biologieunterricht baut darauf auf, dass die Lernenden durch eigenständiges, aktives Arbeiten Wissen aufbauen. Dieses Konzept steht im Widerspruch zum klassischen Frontal- und fragend-entwickelnden Unterricht der die Eigenaktivität der Schüler nur wenig fördert, es deshalb jedoch ermöglicht eine große Quantität an Wissen in kurzer Zeit zu vermitteln. Da es in einem naturwissenschaftlichen Unterricht, welcher sinnstiftend sein soll nicht nur auf die bloße Wissensvermittlung ankommt, sondern auch darauf wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu erlernen, ist es durchaus wichtig einen schülerorientierten Unterricht zu bevorzugen. Dies ist allerdings nicht immer möglich da auch eine bestimmte Menge an Stoff im Unterricht behandelt werden muss. Wie beschrieben (siehe S.33) kann bei schülerorientiertem Unterricht in der gleichen Zeit meist weniger Quantität gelernt werden. Aus diesem Grund ist sowohl der Lehrervortrag als auch der fragend-entwickelnde Unterricht nicht aus dem Curriculum wegzudenken. Neben dem zeitlichen Aspekt müssen die Schüler ebenfalls bestmöglich auf das Lernen an weiterführenden Schulen und Universitäten vorbereitet werden. Dieses setzt sich zu einem großen Teil aus autonomen Lernen, aber auch aus viel Unterricht durch Lehrervorträge zusammen. So sind insbesondere das eigenständige Nehmen von Notizen und das Erkennen von Kerninhalten beim Lehrervortrag auch wichtige Elemente die dazu beitragen, dass die Schüler studierfähig werden. Aus diesen Gründen habe ich sowohl Methoden des Sozialen Lernens wie auch den fragend-entwickelnden Unterricht und den Lehrervortrag als Methoden für das Curriculum der Zellbiologie angeben.

Auf die weiteren vorgeschlagenen Lernmethoden werde ich später eingehen, denn gleichzeitig mit diesen steht der Lehrende vor der Aufgabe den Lernstoff so aufzubereiten, dass die Schüler ihn möglichst schnell verstehen und idealerweise autonom behandeln können. Bei dieser didaktischen Reduktion gibt es mehrere Vorgehensweisen, welche ich im Laufe des Jahres auch auf den beiden Klassen getestet habe.

3.2.5.1. Didaktische Reduktion

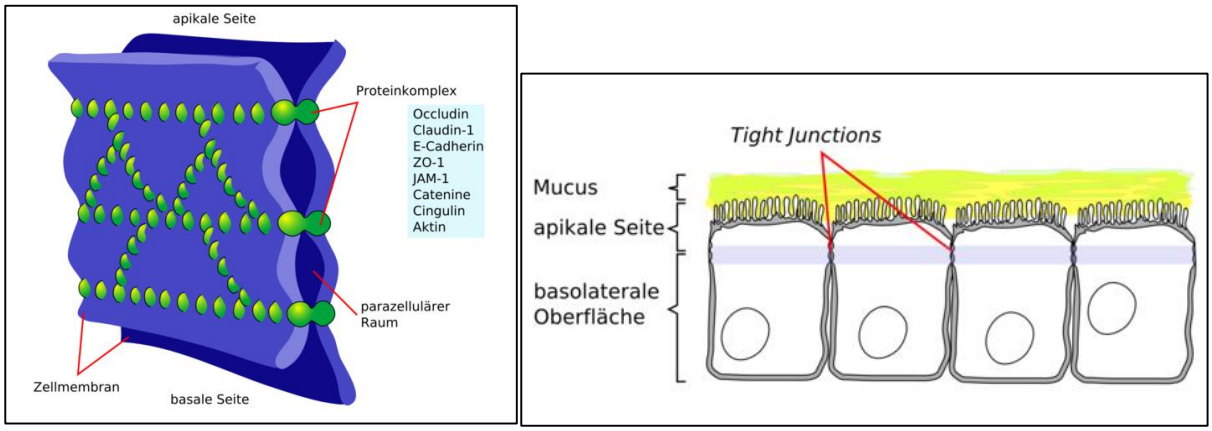
Die sektorale und die strukturelle Reduktion habe ich mehrfach angewendet, wenn es darum ging Inhalte so auszuwählen, dass sie für die Schüler verständlich und gleichzeitig neu genug sind, um ein Interesse bei ihnen zu wecken. Da die Zellbiologie eine große Vielzahl an Themen aufweist, ist die sektorale Reduktion absolut notwendig. Hierzu habe ich in den verschiedenen Kapiteln die Inhalte gewählt mit denen die Schüler, nach ihren Angaben in den Umfragen und meinen Recherchen zu den Inhalten der Zellbiologie in verschiedenen Studienrichtungen, wohl am wahrscheinlichsten später in Kontakt kommen werden. Zeitlich ist es so zum Beispiel nicht möglich auf alle Elemente des Zytoskeletts im Detail einzugehen. Ich habe deshalb entschieden das Zytoskelett anhand zweier Beispiele zu behandeln und zwar der Funktionsweise einer Muskelzelle und dem Ablauf des Zellzyklus. Neben diesen Elementen hätte man auch näher auf den Aufbau der Intermediärfilamente eingehen können sowie auf deren Widerstandsfähigkeit, welche die Zellen vor mechanischen Kräften schützt. Was die Mikrotubuli angeht so hätte man neben ihrer Wichtigkeit bei der Zellteilung auch auf die Wichtigkeit der Mikrotubuli für den Transport von Proteinen oder ganzen Organellen sowie auch auf die Rolle der Mikrotubuli bei der Bildung von Cilien (Flimmerepithel) und Geißeln (Spermienzellen) eingehen können. Meine Auswahl verschiedener Ausschnitte aus einem Thema beruht also zugleich auf dem Zwang in einer begrenzten Anzahl von Stunden möglichst alle Themen abzudecken wie auch auf dem Ziel den Schülern das Vorwissen zu vermitteln das sie wohl am ehesten in ihren Studien brauchen werden.

Bei der strukturellen Reduktion bietet es sich an Inhalte anhand von Systembildung zu vereinfachen. Während man in der Humanbiologie öfters vom System „die Zelle“ spricht, reicht dies allerdings in der Zellbiologie nicht aus. Um den Ablauf der einzelnen Vorgänge in einer Zelle verstehen zu können wird nicht die Zelle als ein Ganzes betrachtet, sondern die Strukturen der Zelle werden alle einzeln analysiert. Für die Schüler ergibt sich daraus das Wissen, dass jede Organelle eine oder mehrere wichtige Funktionen erfüllt, welche für die Zelle im Ganzen wichtig sind. So spielen die Mitochondrien die Rolle der Energieproduzenten, die Ribosome produzieren Proteine und der Zellkern steuert die meisten in der Zelle ablaufenden Prozesse. Diese Reduktion auf die Hauptfunktionen jedes einzelnen Zellbestandteils macht es für die Schüler leichter eine Übersicht zu erhalten. Kurz gesagt verschiebt sich die strukturelle Reduktion im Vergleich zur Humanbiologie um eine Ebene. Die strukturelle Reduktion dient also hier dem Zweck Ordnung in die Funktionen der einzelnen Zellbestandteile zu bringen während die sektorale Reduktion eine Wahl der wichtigsten Inhalte unterstützt.

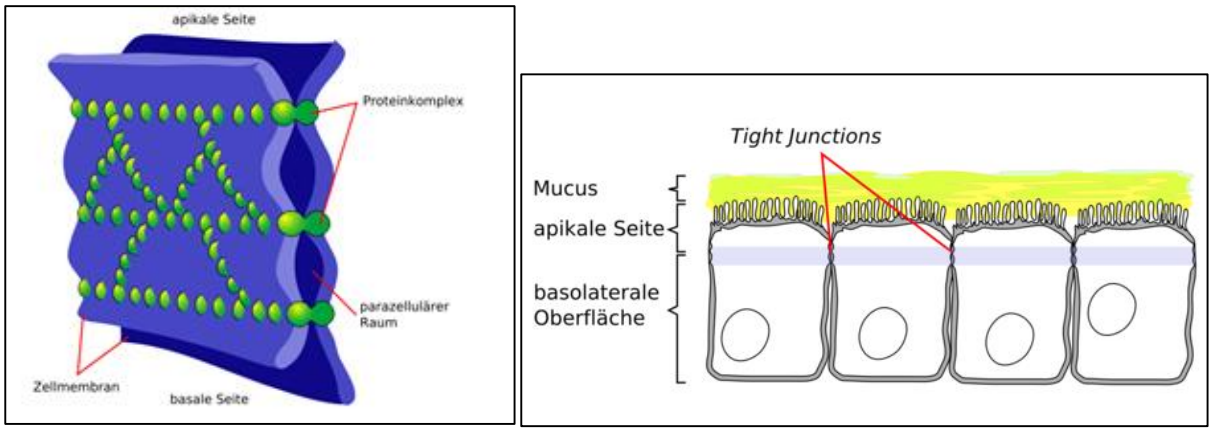
Neben diesen inhaltlichen Reduktionen habe ich auch auf die optische und sprachliche Vereinfachung zurückgegriffen um die Inhalte für die Schüler zugänglicher zu machen. Die optische Vereinfachung ist ein Vorgang, welcher im Unterrichtsfach Biologie oftmals verwendet wird um Inhalte leichter analysierbar zu machen. In der Zellbiologie kann man mit mikroskopischen Aufnahmen von Zellstrukturen arbeiten. Diese sind jedoch meist schwer zu interpretieren da die Vergrößerungen einzelner Bestandteile meist unzureichend sind. Zudem sind elektronenmikroskopische Fotos Technik bedingt in Grautönen gehalten und zeigen oft mehr Bestandteile als die, die gerade behandelt werden. So zeigt das untenstehende Bild eine Aufnahme der Blut-

Hirnschranke mit drei verschiedenen Zellen zwischen denen „Tight junctions“ für eine Aufrechterhaltung der Schranke sorgen. Auf diesem Bild (siehe 1) ist es für die Schüler sehr schwer eine Struktur zu erkennen. Selbst wenn ich sie farbig umkreise und mit Hilfe des Laserpointers zeige, können die Schüler sich nur schwer vorstellen wie diese Struktur Zellen zusammenhalten kann. Während dieses Bild sich gut eignet um am Anfang der Stunde eine Problemstellung zu definieren oder zum Schluss der Stunde ein weiteres Beispiel von Tight junctions zu geben, so bietet es sich für den Hauptteil der Stunde eher an mit Schemas zu arbeiten. Deshalb habe ich in diesem Fall auf verschiedene Schemas zurückgegriffen auf denen die Tight junctions genauer betrachtet werden können (siehe 2). Auf diesem Schema sind allerdings sehr viele einzelne Begriffe vorhanden welche den Schülern nicht bekannt sind und welche sie für das Gesamtverständnis auch nicht benötigen. Das Schema kann also nicht genauso in den Unterricht übernommen werden, sondern sollte als Erstes überarbeitet werden (siehe 3).

1 Blut-Hirnschranke - elektronenmikroskopische Aufnahme (96)

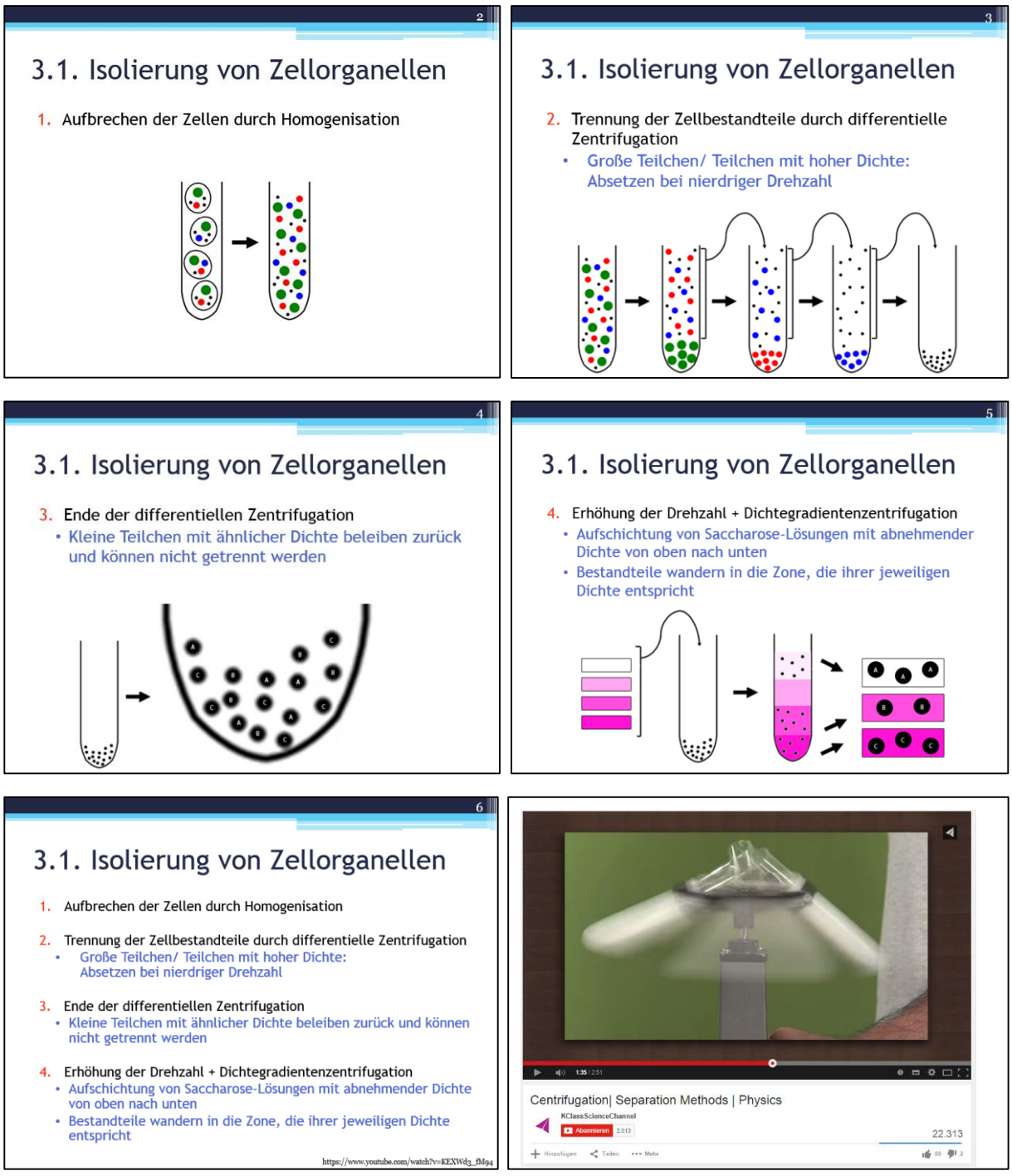


2 Schema einer Tight junction (links) und der Organisation von Zellen eines Epithels mit Tight junctions (rechts) (97)



3 Modifiziertes Schema einer Tight junction (links) und der Organisation von Zellen eines Epithels mit Tight junctions (rechts)

Neben der Komplementierung von Bildern mit Schemas bietet es sich an Tabellen und Aufzählungen zur optischen Vereinfachung zu benutzen. So werden Inhalte strukturierter dargestellt und können von den Schülern besser verwertet werden. Dies habe ich zum Beispiel bei der Erklärung der Zentrifugationstechnik zur Isolierung der einzelnen Zellorganellen verwendet. So habe ich neben der optischen Vereinfachung durch Schemas ebenfalls die einzelnen Etappen aufgezählt und am Ende erneut zusammengefasst. Schlussendlich habe ich das Prinzip anhand eines relativ simplen Videos in Aktion gezeigt (siehe 4).



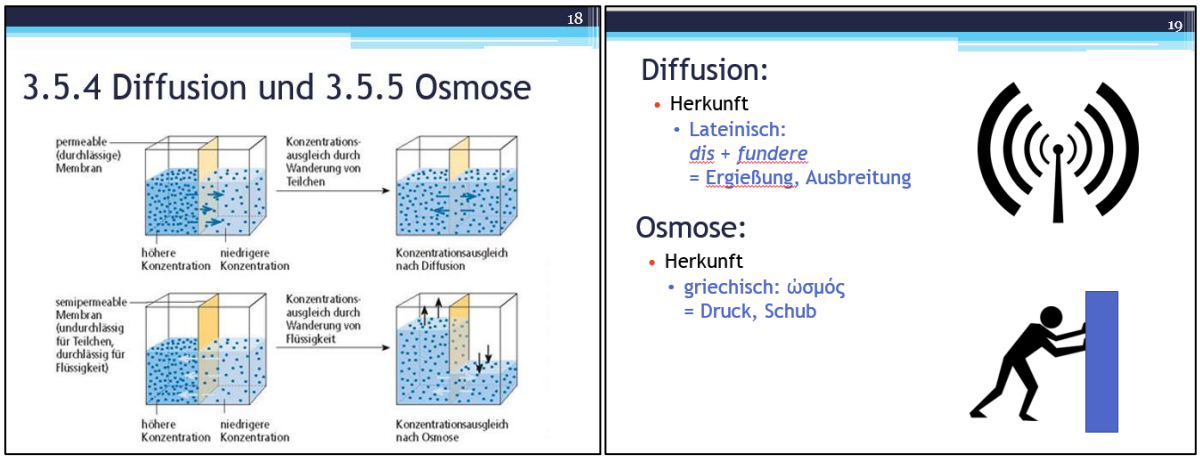
4 Einzelne Etappen zur Isolierung von Zellorganellen mit Schemas und anschließendem Video (98)

Wie bereits bei der Auswahl der Unterrichtsprache erwähnt hat eine Vielzahl der Schüler Schwierigkeiten bei der Beherrschung von Fremdsprachen. Umso mehr ist die sprachliche Vereinfachung ein wichtiger Punkt meiner Arbeit. Es ist unumgänglich den Schülern eine Vielzahl an Fachwörtern zu vermitteln, damit sie ihr Wissen auch angemessen zu Papier bringen können. Dabei kann man den Schülern das Erlernen neuer Fachausdrücke jedoch vereinfachen. Die Integration von bestimmten historischen Aspekten zur Herkunft eines Wortes hilft den Schülern hierbei dieses Wort besser zu verstehen. Genauso lassen sich aus der Etymologie Verbindungen zwischen den Fachwörtern und lebensnahen Gegenständen und Situationen herstellen. So bekommt das neue Fachwort einen Sinn und das bereits Bekannte wird ebenfalls in seinem Sinn erweitert. Um die Etymologie verschiedener Wörter herauszufinden gibt es für den Lehrenden die Möglichkeit in klassischen Wörterbüchern zu recherchieren. Das Internet stellt jedoch ebenfalls gute und vor allem schnelle Recherchemethoden dar. In der folgenden Tabelle sind vier Webseiten zu finden, welche bei den Nachforschungen behilflich sein können.

Tab. 9. Auflistung von Webseiten zur Recherche der Etymologie

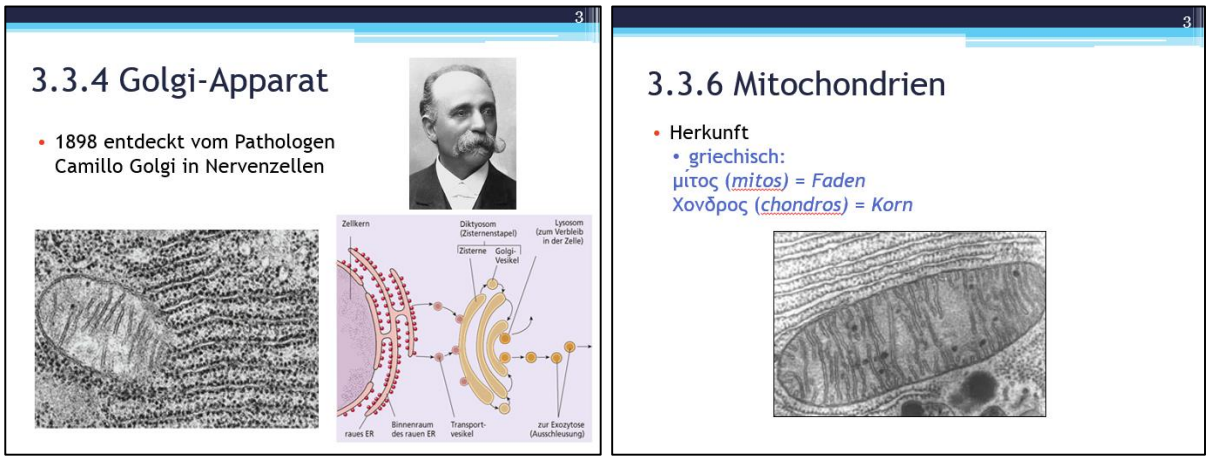
Name der Webseite	**Internetadresse**	**Beschreibung**
Wiktionary	http://de.wiktionary.org/wiki/Wiktionary:Hauptseite	Freies Wörterbuch, welches sich an Wikipedia.org anlehnt. Die Quelle bietet eine sehr große Zahl an Worterklärungen. Diese sollten jedoch, wegen ihrer freien Editierbarkeit stets doppelt auf Korrektheit geprüft werden.
Online Etymology Dictonary	http://www.etymonline.com/index.php	Private, englische Webseite, welche Inhalte aus bekannten Wörterbüchern wie dem Oxford English Dictionary (99) übernommen hat.
Duden Wörterbuch	http://www.duden.de/woerterbuch	Standardnachschlagewerk zur deutschen Sprache, online ebenfalls abrufbar mit teils detaillierter Etymologie
CNRTL-Ortolang	http://www.cnrtl.fr/ortolang/	Französischsprachige Webseite des „Centre national de ressources textuelles et lexicales“, welche Daten über die erste Erwähnung von Wörtern im französischen Sprachraum auflistet, aber auch ein Wörterbuch bietet.

Hierbei lassen sich viele Beispiele geben. So kann man den Schülern den Unterschied zwischen Diffusion und Osmose auch wörtlich erklären. Bei der Diffusion vollzieht sich der Ausgleich des Konzentrationsunterschieds durch die Bewegung von gelösten Teilchen, die ungehindert eine durchlässige Membran passieren können (→Ausbreitung). Bei dem Phänomen der Osmose hat man es mit einer semipermeablen Membran zu tun. Hier können die Teilchen nicht hindurch. Es baut sich also ein Druck auf, welcher bewirkt, dass das Lösungsmittel von einer zur anderen Seite gedrückt wird (→ Schub).



5 Schema zur Erklärung des Unterschieds zwischen Osmose und Diffusion mit anschließender Worterklärung

Als weitere Beispiele kann man die Wörter „Golgi-Apparat“ und „Mitochondrium“ erwähnen. Camillo Golgi hat nicht nur ersteren entdeckt, sondern ebenfalls eine histologische Färbung zum Hervorheben einzelner Nervenzellen als erster hergestellt. So kann man den Namen dieses Wissenschaftlers auch beim Bild einer Nervenzelle erwähnen und später wieder bei den Schülern in Erinnerung rufen. Dies erlaubt es auf die Arbeit einer bestimmten Person genauer einzugehen und den Schülern aufzuzeigen, warum bestimmte Wissenschaftler heute bekannter sind als andere. Der Name „Mitochondrium“ ist ein weiteres Beispiel, welches zeigt, dass die wissenschaftlichen Wörter meist aus einem griechischen oder lateinischen Wort für die Struktur oder die Funktion gewählt werden. Die Zusammensetzung der Wörter zu erklären sollte den Schülern helfen die Wortherkunft besser zu verstehen. Das sinnstiftende Lernen wird also gefördert.



6 Sowohl das Erzählen der Arbeit bestimmter Wissenschaftler wie auch das Erklären von Wörter soll sinnstiftend wirken.

Zusammengefasst kann man sagen, dass alle Maßnahmen der Reduktion und Vereinfachung einen wichtigen Bestandteil der Unterrichtsvorbereitung für den Lehrenden darstellen, denn sie machen dem Lernenden den Weg für den Wissenszugewinn frei. Idealerweise ist der Inhalt im Unterricht dann so vorbereitet, dass nur noch wenige Fragen diesbezüglich von den Schülern gestellt werden müssen. Dies heißt jedoch nicht, dass alle Inhalte fertige Problemlösungen sein sollen. Der Inhalt soll nur so vermittelt werden, dass die Schüler schließlich möglichst autonom lernen können.

3.2.5.2. Wahl des Unterrichteinstiegs

Bei der Vorbereitung von Unterrichtseinheiten ist es ebenfalls von Bedeutung an einen guten Einstieg ins Thema einer Unterrichtsstunde zu denken. Mit dessen Hilfe können die Schüler motiviert werden. Wie in der Theorie angegeben (siehe S.41), habe ich es vermieden einen direkten Einstieg zu wählen. Im Laufe des Jahres habe ich mehrere Einstiege versucht. Besonders zurückbehalten möchte ich hiervon zwei verschiedene.

Beim ersten handelt es sich um einen experimentellen Einstieg mit dem Thema „Das Gummibärchen-Experiment“. In der Stunde vor dem gewählten Einstieg, wurde der Aufbau der Zellmembran behandelt. So wurde über deren Zusammensetzung aus Phospholipiden, Transmembranproteinen und der Glykokalix gesprochen. In der darauf folgenden Stunde ging es inhaltlich um die Mechanismen des Stoffaustauschs zwischen einer Zelle und dem extrazellulären Raum durch die Zellmembran hindurch. Da die Dauer des für den Einstieg gewählten Experiments sechs bis acht Stunden beträgt, bekam jeder Schüler ein Päckchen Gummibären mit nach Hause und hatte das Experiment dort durchzuführen. So konnte ich dafür sorgen, dass die Schüler sich ein Stück aktiv am Unterricht beteiligen konnten, in dem sie selbst das Experiment durchführen sollten.

Um den Schülern die verschiedenen Schritte eines naturwissenschaftlichen Experiments (Material, Versuchsanleitung, Hypothese, Durchführung, Resultate, Schlussfolgerung), die sie bereits aus dem „cycle inférieur“ und „moyen“ kennen zu verdeutlichen, habe ich auch auf dem Arbeitsblatt auf eine gewisse Struktur Wert gelegt (siehe Anhang 6.3. „Beispiel eines Unterrichtseinstiegs: Das Gummibärchen-Experiment“, Seite 141).

Beim Austeilen der Hausaufgabe habe ich bewusst drauf geachtet keine Verbindung zwischen dem Experiment mit dem im Unterricht gesehenen Inhalt über die Zellmembran herzustellen. Diese Transferleistung habe ich mir bei den Schülern im Fortlauf der darauf folgenden Stunde erwartet.

7 Von den Schülern eingesandte Fotos zum Gummibärchen-Experiment

Von den 57 Schülern, hatten sich 15 Schüler Zeit genommen mir vor dem Unterricht eine E-Mail mit ihren Resultaten zu schicken. Schaut man sich diese an so sieht man, dass alle Schüler herausgefunden haben, dass sich ein Gummibärchen, wenn man ihn über Nacht in Leitungswasser legt, größer wird. Legt man ihn allerdings in Salzwasser, so haben die Schüler ganz unterschiedliche Resultate gefunden. Dies liegt wohl hauptsächlich daran, dass viele vergessen hatten das Salz nach dem Hinzufügen von Wasser auch darin aufzulösen. Nur auf dem ersten Bild (siehe 7) können wir also das richtige Resultat des Experiments beobachten:

- Glas 1: Das Gummibärchen wird deutlich größer.
- Glas 2: Das Gummibärchen wird deutlich kleiner.
- Glas 3: Das Gummibärchen bleibt unverändert.

Zur weiteren Arbeit der Schüler kann man sagen, dass zwar leider nur einige mir ihre Bilder geschickt haben, jedoch viele schon in der Stunde einige Hypothesen äußerten, was beim Experiment passieren würde. Die Schüler schienen motiviert das Experiment durchzuführen, haben es dann jedoch trotzdem nicht alle getan. Die Gründe dafür sind sicherlich sehr verschieden, führen aber dazu, dass nur ein einziger Schüler die Hausaufgabe schlussendlich so gemacht hat, wie es gedacht gewesen war. Dieser Schüler hat also die Dimensionen seiner Bären gemessen, sie mir mitgeteilt und eine Schlussfolgerung dazu geschrieben.

Zu Beginn der eigentlichen Unterrichtsstunde habe ich den Schülern die Bilder gezeigt, welche sie mir geschickt hatten. Wir haben die Resultate gemeinsam analysiert und auch diskutiert. Anschließend habe ich in einem fragend-entwickelnden Unterricht die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den Gummibärchen und der Zellmembran hergestellt. So konnte ich relativ schnell die beiden Konzepte der Diffusion und der Osmose erklären und nach Bedürfnis auf das Experiment als Beispiel zurückgreifen. Auf der einen Klasse wurde hierzu von einem Schüler auch das Beispiel der roten Blutkörperchen genannt, welche sich ebenfalls durch verschiedene Salzkonzentrationen in ihrem Volumen ändern. Diese Transferleistung hatte ich mir zwar nicht unbedingt erwartet, sie wurde jedoch positiver weise erbracht.

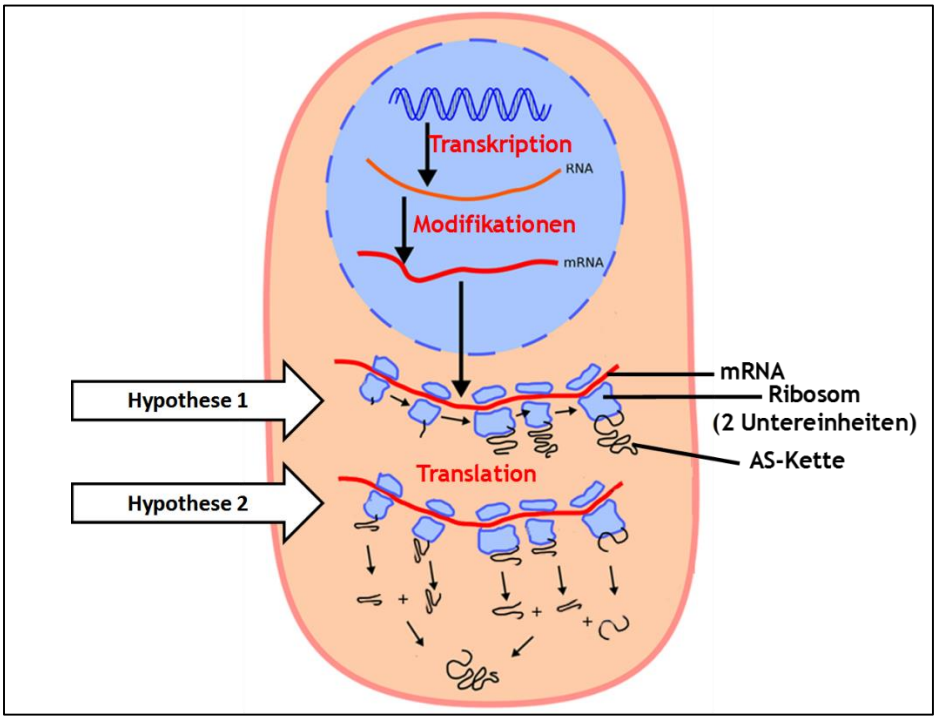
Beim „Gummibärchen-Experiment“ kann man nicht nur von einem experimentellen Einstieg, sondern eher von einer experimentellen Hausaufgabe sprechen, welche zum Einstieg in die Stunde diente. Alle Gründe zu finden warum nur etwa ein Viertel der Schüler mir ihre Resultate geschickt haben würde zu lange dauern und größtenteils auf Spekulationen basieren. Die Erklärung könnte jedoch sein, dass die Schüler keine Zeit hatten oder sich nicht genug Zeit genommen haben, um das Experiment gewissenhaft abzuschließen oder dass die Schüler das wissenschaftliche Vorgehen doch nicht so verinnerlicht haben, wie ich es am Anfang gedacht hatte. Weitere solche Experimente scheinen also von Nöten um herauszufinden, ob ein solches Problem tatsächlich vorliegt. Alles in allem haben sich, laut meiner Ansicht, doch viele Schüler für den Ausgang des Experiments interessiert und daraufhin auch die Prozesse der Diffusion und der Osmose besser verstanden. Darum werde ich auch in Zukunft diesen Einstieg bei dem Thema beibehalten.

Den zweiten Einstieg, welchen ich zurückbehalten möchte ist ein Einstieg, welcher sowohl phänomenologisch, wie auch experimentell und assoziativ ist. Hierbei handelt es sich um den Einstieg in eine Aufgabe zu einem Experiment über Hämoglobin, welches ich auch nachfolgend als Beispiel des Problemorientierten Lernens noch genauer behandeln werde (siehe Anhang 6.4. „Beispiel einer Unterrichtseinheit: Herstellung der Peptidketten des Hämoglobins“, Seite 143).

Bei diesem Einstieg ging es darum kurz die Problemsituation für die Schüler verständlich zu präsentieren, um dann anschließend auf assoziativem Weg das Wissen aufzubauen, welches benötigt wird, um den weiteren Verlauf des Experiments verstehen zu können.

Drei Tage vor dem Beginn der Unterrichtseinheit habe ich den Schülern eine E-Mail geschickt mit der Aufforderung sich drei kurze Videos zu den einzelnen Etappen der Transkription und Translation anzuschauen. So sollten die Schüler das nötige Vorwissen der Biochemie der 12eSI zunächst selbst auffrischen bevor anschließend ein Situationsorientiertes Lernen darauf aufgebaut wurde.

Zu Beginn der Unterrichtsstunde habe ich Schritt für Schritt versucht alle Informationen zur Transkription und Translation von den Schülern abzurufen. Anschließend an diesen fragend-entwickelnden Einstieg sind die Schüler dann ins Aktive Lernen übergegangen. Zu Beginn jeder einzelnen Etappe stand eine kurze Ein-, beziehungsweise, Überleitung in das nächste Thema. So habe ich, zum Beispiel zur Illustrierung der Problemstellung zu Beginn der Unterrichtseinheit, ein Schema gezeigt auf dem die Hauptfragestellung dargestellt war. Auf dem Schema kann man die Prozesse der Transkription und der Translation erkennen. Diese sind den Schülern hinlänglich bekannt. Das Schema zeigt außerdem die zwei Hypothesen nach denen der Prozess der Translation abläuft (siehe 8).



8 Zur Einleitung benutztes Schema, welches zwei kontradiktorische Hypothesen zeigt

So setzt sich laut Hypothese 1 ein Ribosom mit seinen Untereinheiten an die mRNA und bildet so eine durchgängige Aminosäure-Kette. Bei der Hypothese 2 sieht man, dass mehrere Ribosome an der mRNA hängen. Alle stellen nur einen kleinen Teil der Aminosäure-Kette her, welcher nachher durch weitere Enzyme zusammengefügt wird. 1961 war nicht bekannt, welche der beiden Hypothesen die richtige ist. Darüber hinaus kannte man auch die Richtung der Proteinsynthese noch nicht. Das heißt man wusste nicht, ob diese bei der Aminogruppe oder der Carboxygruppe beginnt. Antworten auf diese Hauptfragen liefert das mit den Schülern behandelte Experiment.

3.2.5.3. Aktives Lernen

Laut Theorie (siehe S.43) gibt es mehrere Methoden, welche sich eignen um einen schülerorientierten Unterricht erfolgreich zu gestalten. Erstens wäre da das Problemorientierte Lernen, welches sich sehr leicht mit dem Situationsorientierten Lernen verbinden lässt. Diese beiden Formen des Lernens bieten sich besonders gut im Unterricht der Zellbiologie an, da die Schüler bei diesen Formen die Denk- und Arbeitsweisen von Wissenschaftlern nachstellen sollen. So wird durch dieses Lernen nicht nur ein Wissenszuwachs erzeugt, sondern die Schüler lernen ebenfalls fachrelevantes Handeln. Schüler, die ein Gefallen an solchen simulierten Situationen finden, können dadurch ein größeres Interesse für ein bestimmtes Fach entwickeln. Hierdurch werden sie motivierter, um sich mit den Inhalten dieses Fachs auseinander zu setzen. So erhöht sich auch die Chance, dass sie weitere Informationen zu den Inhalten nachschlagen und, gegebenenfalls, sogar durch dieses Interesse das Fach für ihr späteres Studium in Betracht ziehen.

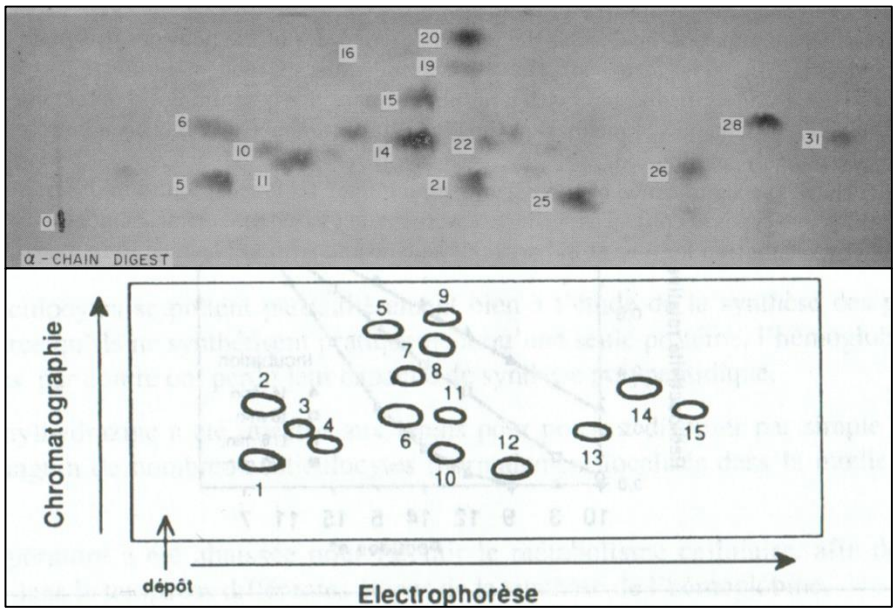
3.2.5.3.1. Beispiel: Problem- und Situationsorientiertes Lernen

Als Beispiel für das Situationsorientierte Lernen möchte ich gerne eine Unterrichtseinheit zur Wiederholung der Proteinsynthese beschreiben, welche ich über ein Experiment zum Thema Hämoglobin aufgestellt habe (siehe Anhang 6.4. „Beispiel einer Unterrichtseinheit: Herstellung der Peptidketten des Hämoglobins“, Seite 143). Um neben dem Situationsorientierten Lernen auch ein interdisziplinäres Lernen zu fördern habe ich davon profitiert Inhalte aus andern Fächern, der Physik, der Biochemie und der Humanbiologie, mit in die Unterrichtseinheit zu integrieren.

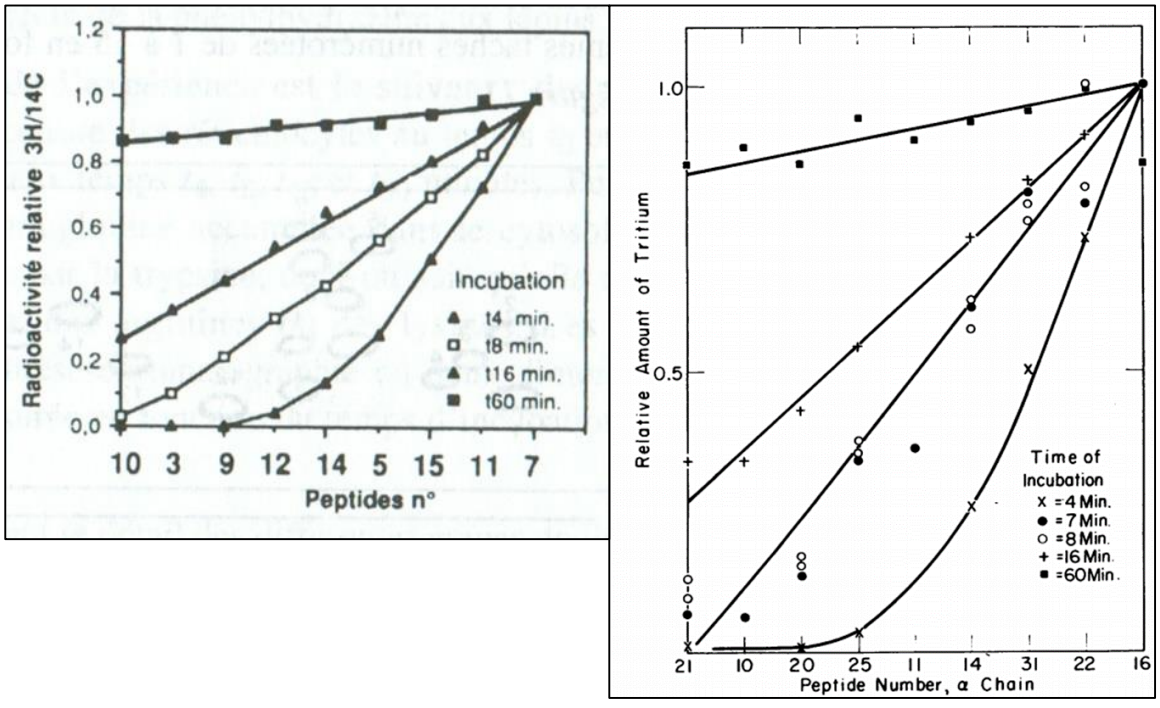
Nach einer, wie bereits erwähnter, sehr kurzer Wiederholung der Mechanismen der Proteinsynthese, habe ich die Schüler mit der Problemstellung eines Experiments konfrontiert. Dieses ist von Howard M. Dintzis im Jahr 1961 in der Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA publiziert worden (100). Ein Situationsorientierter Unterricht zu dem Thema ist von Aimé-Genty u.a. (90) auf Französisch publiziert worden. An diesem habe ich mich orientiert um diese Unterrichteinheit aufzubauen. Hierbei habe ich jedoch größere didaktische Transformationen vorgenommen, um die Unterrichtseinheit auf die Bedürfnisse der 13eSH anzupassen. So ist das Buch von Aimé-Genty für Biologiestudenten der ersten beiden Studienjahre vorgesehen. Inhaltlich greift es also Themen auf, welche die Schüler einer 13eSH noch nicht im Stande sind komplett nachzuverfolgen. Da das Buch auf Französisch geschrieben ist, das Experiment jedoch in einem Artikel auf

Englisch publiziert worden ist, habe ich mir im Internet den originalen wissenschaftlichen Artikel besorgt. Wie bereits beschrieben sind die meisten der SH-Schüler relativ schwach im Englischen. Deshalb habe ich es vorgezogen die gesamten Texte auf Deutsch zu verfassen.

Die im französischen Buch verwendeten Figuren waren zwar bereits optisch vereinfacht worden, jedoch erschienen sie mir veraltet und nicht angemessen. Ich habe deshalb die Figuren aus dem Originaldokument verwendet. Das Foto des Resultats der Elektrophorese nach Peptiddigestion schien mir zum Beispiel angemessener zur Verwendung (siehe 9) da es nicht unbedingt schwieriger zu interpretieren ist als das Schema und nebenbei noch das Originaldokument zeigt, also näher an der Wissenschaft selbst ist.



9 Publiziertes Foto des Resultats im Originaldokument (oben) und im Dokument des Buches von Aimé-Genty u.a. (unten)



10 Diagramm des Resultats im Dokument des Buches von Aimé-Genty (links) und im Originaldokument (rechts)

Das Diagramm des Originaldokuments fand ich ebenfalls besser, weil es nicht nur einfach interpretierbare Punkte zeigt, sondern auch eine Fluktuation in den Resultaten, so wie dies in der Realität oft der Fall ist (siehe 10). Auch wollte ich den Schülern damit zeigen, welche aufwändigen Diagramme Wissenschaftler in der 1960er Jahren zeichneten ohne Zuhilfenahme von modernen Tabellenkalkulationsprogrammen.

Da die Schüler wenig in sozialen Lernformen geübt sind und diese Aufgabe doch einiges an Transferleistung und wissenschaftlichen Denkweisen verlangt entschied ich mich dazu das Beispiel so aufzubauen, dass die Schüler jeweils einzelne Etappen der Analyse zuerst in Partnerarbeit machten. Die Resultate jeder einzelnen Etappe wurden anschließend im Plenum diskutiert. So konnte ich sicherstellen, dass die meisten Schüler bis zum Schluss des Experiments das Geschehene nachverfolgen konnten indem ich vor jeder neuen Etappe die wichtigsten Punkte rekapituliert habe.

Schaut man sich die im Verlauf des Experiments behandelten Inhalte an, so findet man dort eine sehr große Vielfalt an Interdisziplinarität. Wie beschrieben kennen die Schüler die Vorgänge der Translation durch die Biochemie der 12eSI. Die erste Etappe des Experiments beruht auf der Herstellung der Retikulozyten und der Extraktion des Hämoglobins. Im Unterricht der Biochemie der 12eSI wird die primäre, sekundäre, tertiäre und quaternäre Struktur von Proteinen anhand des Hämoglobins erklärt. Die Struktur und die Funktionen dieses Proteins sind den Schülern außerdem aus dem Unterricht der Humanbiologie der 12eSI bekannt. Dieses Thema gehört ebenfalls zum Examensprogramm der 13eSH, weshalb sich eine Wiederholung sicherlich lohnt. Im gleichen Kapitel der Humanbiologie haben die Schüler bereits ein Schema zur Hämatopoese gesehen, welches die Eigenschaften der im Experiment angesprochen Retikulozyten enthält. Dieses Schema habe ich ebenfalls gezeigt, um ihnen die Herkunft dieser Zellen in Erinnerung zu rufen. So kann man also sagen, dass der Einstieg ins Thema sowohl phänomenologisch ist als auch assoziativ und experimentell. Im weiteren Verlauf dieser Unterrichtseinheit habe ich die Überleitungen zwischen den einzelnen Etappen ähnlich gestaltet.

Die zweite Etappe des Experiments beschäftigt sich mit der radioaktiven Markierung der alpha-Aminosäure-Ketten des Hämoglobins. Um den Nutzen der Radioaktivität verstehen zu können reicht es an sich aus zu wissen, dass man radioaktive Aminosäure-Ketten, zusammengemischt mit nicht radioaktiven, voneinander unterscheiden kann, wenn man die Probe unter einen fotografischen Film legt. So entstehen nämlich nur an denen Stellen, an denen sich radioaktive Proteine befinden, Markierungen. Vorwissen zur Radioaktivität, den verschiedenen Arten radioaktiver Strahlung und der Definition von Isotopen haben die Schüler aus der Biophysik der 12eSI. So haben sie relativ schnell verstanden, weshalb man auch in der Zellbiologie radioaktive Stoffe benutzt.

Die enzymatische Spaltung der Aminosäuren-Kette des Hämoglobins stellt die dritte Etappe des Experiments dar. Aus dem Kapitel der Verdauungsorgane der Humanbiologie der 12eSI ist den Schülern bekannt, dass Proteine durch bestimmte Enzyme aufgespalten werden. Auch die Funktionen von Trypsin und Chymotrypsin werden in diesem Kapitel behandelt. Das Prinzip einer Chromatographie ist den Schülern bereits seit der 7e

bekannt. Hier werden die Farbstoffe eines Laubblatts mit Hilfe einfacher Chromatographie-Methoden aufgetrennt und sichtbar gemacht. Ich musste den Schülern also lediglich das Prinzip der Elektrophorese genauer erklären, wobei es auch hier ausreichte zu erklären, dass man eine räumliche Trennung der negativ geladenen Proteine erreicht in dem man diese durch ein elektrisches Feld wandern lässt.

Bei der Analyse der Resultate der Radioaktivitätsmessung brauchen die Schüler letztlich Fähigkeiten aus dem mathematischen Bereich. Um das Diagramm interpretieren zu können bedurfte es einiger Erklärungsarbeit. Zum einen musste ich den Schülern aufzeigen, dass die Resultate als relativ zu einem Kontrollexperiment zu sehen sind. Die y-Achse zeigt also keine absoluten Radioaktivitätswerte, sondern relative Werte zum Kontrollexperiment: Bei 1,0 ist die gleiche Radioaktivität erreicht wie nach 24 Stunden beim Kontrollexperiment. Zum anderen ist auf diesem Diagramm nicht nur Radioaktivität nach einer, sondern nach mehreren Inkubationszeiten mit den radioaktiven Aminosäuren dargestellt. Die Kombination dieser beiden Umstände verlangte von den Schülern also ein wissenschaftlich-logisches und mathematisches Denken, welches sich in allen Fächern der Naturwissenschaften wiederfinden lässt.

Zur Auswertung der Unterrichtseinheit kann man sagen, dass die Schüler die beiden Unterrichtsstunden interessiert verfolgt haben. Ich denke, dass es hierzu besonders wichtig war jede einzelne Etappe in Einleitung, beziehungsweise, Überleitung, Hauptteil und Zusammenfassung einzuteilen um sicherzustellen, dass allen Schülern am Anfang jeder Etappe die Informationen zur Verfügung standen, die sie für diese Etappe benötigten. Die Partnerarbeit hat auch gut funktioniert, wobei man klare Unterschiede bei den verschiedenen Gruppen bemerkt hat. Stärkere Gruppen hatten die Interpretationen der Experimente viel schneller abgeschlossen als Gruppen, welche sich aus schwächeren Schülern zusammensetzten. Die Schwierigkeit hier bestand für mich darin die fertigen Gruppen so lange zu beschäftigen, wie die anderen brauchten um die Lösungen zu finden. Dies war zum einen möglich indem ich mit ihnen über technische Details der Experimente gesprochen habe und zum anderen dadurch, dass sie bereits eigenständig die nächste Etappe des Experiments untersuchten.

Da dieses Experiment sehr viele verschiedene Aspekte der Zellbiologie, aber auch anderer Fächer wieder aufgreift ist es besonders das Assoziieren von Wissen aus bestimmten Fachrichtungen, welches die Unterrichtseinheit interessant macht. Hinzu kommt das alle Experimente auf historisch realen Daten aufbauen. Aus diesen Gründen werde ich auch diese Unterrichtseinheit zurückzubehalten.

Zusammenfassend kann man sagen, dass dieses Beispiel einer Problem- und Situationsorientierten Unterrichtseinheit sich gut im zellbiologischen Unterricht eignet. So müssen die Schüler Wissen aus anderen Fächern in der Zellbiologie anwenden, damit sie die verschiedenen Experimente interpretieren können. Zugleich baut das Experiment neues Wissen in der Zellbiologie auf und trägt auch zum Erlernen wissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen bei. Letztlich erlaubt solch ein Lernen den Schülern die Wichtigkeit verschiedener Entdeckungen in der Wissenschaft und deren gesamte Komplexität zu entdecken. Sie können sich so besser ein

Bild vom wissenschaftlichen Arbeiten machen und selbst für sich entscheiden, ob sie später ähnliche Experimente in ihrem Studium und Beruf verfolgen möchten oder nicht.

3.2.5.3.2. Beispiel: Soziales Lernen

Nachdem ich eine Partnerarbeit als Beispiel von situationsorientiertem Lernen beschrieben habe, möchte ich noch eine zweite Unterrichtseinheit zum Sozialen Lernen vorstellen. Als Beispiel hierzu werde ich eine Gruppenarbeit zum Aufbau und der Funktionsweise der Skelettmuskulatur näher beschreiben. Hierbei handelte es sich um eine Partnerarbeit in der die Schüler zunächst selbst Informationen zu einem bestimmten Teil dieses Themas recherchieren sollten. Anschließend sollten sie die zu ihrem Thema gestellten Fragen beantworten und ihre Antworten mit Hilfe einer PowerPoint-Präsentation sehr kurz illustrieren.

Diese Partnerarbeit hatte als Ziel sowohl das Soziale Lernen als auch den Umgang mit den neuen Medien zu fördern. Zum Zeitgewinn hatte ich mit den Schülern in der Stunde vor der Gruppenarbeit Zweier-Gruppen festgelegt. Der erste Teil der Arbeit, die Recherche und das Zusammentragen von Informationen, haben im Informatikraum stattgefunden. Da die Klassen aus 27 bzw. 28 Schülern bestehen sind auf beiden Klassen jeweils 14 Gruppen entstanden. Sieben verschiedene Themen waren vorgesehen, so dass jedes Thema von zwei Gruppen gleichzeitig behandelt werden konnte. Damit konnte ich sicherstellen, dass zu jedem Thema später auch Antworten vorhanden waren, da eine Gruppe eine andere mit ihren gefundenen Antworten unterstützen konnte. Außerdem habe ich bestimmt, welche Themen den einzelnen Gruppen zugeteilt wurden, so dass die „stärkeren“ Gruppen auch etwas schwierigere Themen zu behandeln hatten und somit in etwa genauso lange brauchten wie die Gruppen mit den etwas leichteren Themen.

Neben ihrem Thema habe ich den Schülern ein Dokument (siehe Anhang 6.5.1. „Gruppenarbeit zum Aufbau und Funktion der Skelettmuskulatur, Aufgabenblatt“, Seite 149) ausgeteilt auf dem die Partnerarbeit in ihren einzelnen Schritten erklärt wurde. So hatten die Schüler sofort einen Überblick welche Aufgaben sie wie und in welchem Zeitrahmen zu erledigen hatten. Zudem wussten sie auch gleich, dass ihre Themen auch in der Klassenarbeit abgeprüft würden, was für zusätzliche extrinsische Motivation sorgen, aber auch den Sinn der Arbeit erklären sollte.

Damit die Schüler effektiv arbeiten konnten hatte ich auf „Educloud“ für jedes Thema ein Word-Dokument hinterlegt, welches zu vervollständigen und erneut auf die Cloud zu laden war (siehe Anhang 6.5.2. „Gruppenarbeit zum Aufbau und Funktion der Skelettmuskulatur, Arbeitsblätter Themen 1-7“, Seite 150 und 6.5.3 „Beispiel einer Schülerarbeit“, Seite 157). Da nur relativ wenig Zeit für die Recherche blieb war es wichtig, dass die Schüler sofort mit ihrem Thema begannen. Um ihre Recherche einzugrenzen habe ich den Schüler das jeweilige vorherige als auch das nachfolgende Thema angegeben. Dazu habe ich auf jedem Arbeitsblatt schon am Anfang einige wichtige Bemerkungen gemacht, damit die Schüler ihr Thema so behandelten, dass es für ihre Mitschüler später auch verständlich wird. Anschließend an diese Bemerkungen folgten die eigentlichen Fragen

über die jeweiligen Themen und eine kurze Erklärung zu der PowerPoint-Präsentation, die sie zusätzlich erstellen sollten.

Nach der ein-stündigen Recherche der Schüler habe ich alle Antworten in einer Datei gesammelt und diese in einem drei-seitigen Text zusammengefasst (siehe Anhang 6.5.4. „Gruppenarbeit zum Aufbau und Funktion der Skelettmuskulatur, Zusammenfassung der Schülerarbeiten“, Seite 160). Auch die erstellten PowerPoint-Präsentationen der Schüler habe ich überprüft und anschließend zusammengeführt. In der darauf folgenden Stunde wurden die Fragen zu den verschiedenen Themen in der Klasse wiederholt. Die verantwortlichen Schüler haben die Fragen anschließend kurz beantwortet, indem ich gleichzeitig die zusammengesuchten Schemen gezeigt habe. Daraufhin wurde der Text zu jedem Thema durchgelesen und besprochen.

Insgesamt habe ich die beiden Unterrichtseinheiten als positiv empfunden, auch wenn es noch einige Punkte gibt die Veränderungen benötigen. Schaut man sich die von den Schülern gefundenen Antworten an, so kann man sagen, dass es durchaus von Vorteil war auf beiden Klassen jeweils zwei Gruppen das gleiche Thema zuzuteilen. Alles in allem verfügte ich so über vier Arbeiten zu einem bestimmten Thema, was es mir möglich machte jeweils die besten, weil vollständigsten und an das Niveau der Schüler am besten angepassten Antworten zu nehmen um sie in den zusammenfassenden Text einzubauen. Während der Stunde der Recherche haben die Schüler konzentriert an den Fragen gearbeitet. Da ich die Aufgaben relativ genau angegeben hatte, kamen nur wenig Fragen von den Schülern diesbezüglich. Da es jedoch hier und da informatische Probleme gab, hatten manche Gruppen nicht genügend Zeit um ihre Nachforschungen so durchzuführen als dass sie auf alle Fragen zufriedenstellend hätten antworten können. Aus diesem Grunde sollte man bei der Wiederholung dieser Unterrichtseinheit in den nächsten Jahren darauf achten besser zwei Stunden für die Recherche vorzusehen. So haben die Schüler mehr Zeit sich mit ihrem Thema zu beschäftigen und vor allem ihre Fragen in aller Ruhe zu beantworten. Dies war nämlich leider nicht immer der Fall. Besonders das Erstellen der PowerPoint-Präsentation war bei vielen Gruppen zeitlich nicht mehr möglich. Da sie jedoch die Bilder mit in das Word-Dokument kopiert hatten stand mir trotzdem genügend Material zur Verfügung um die zweite Unterrichtstunde angemessen vorzubereiten.

Was das Interesse der Schüler bei dieser Unterrichtseinheit anging so empfand ich dieses als besser wie in einem gewöhnlichen Unterricht. Besonders die Eigenaktivität der Schüler kann man hier hervorheben. Die Schüler haben sich wie in der Theorie beschrieben (siehe S.44) selbst mit einem Thema beschäftigt, während ich als Lehrer in die Rolle des Coaches geschlüpft bin und ihnen so geholfen habe ihre Aufgaben zu lösen. Auch in der darauffolgenden Stunde, in der die einzelnen Fragen noch einmal aufgegriffen wurden haben die Schüler sich aktiver am Unterricht beteiligt als dies in einem „normalen“ fragend-entwickelnden Unterricht der Fall ist.

Alles in allem denke ich, dass diese Form des Sozialen Lernens sich gut als Unterrichtseinheit eignet, da sie sowohl auf die Bedürfnisse der Schüler Rücksicht nimmt wie auch quantitativ gesehen genügend Stoff behandelt werden kann. Die Schüler können so während einer ersten Unterrichtseinheit durch Partnerarbeit ihre sozialen

Kompetenzen stärken, wie auch den Umgang mit den neuen Medien erlernen. Wissen, welches sie selbst recherchiert haben bleibt zudem länger im Gedächtnis, da es durch die eigene Recherche als sinnvoller angesehen wird. In einer zweiten Unterrichtseinheit kann das gesammelte Wissen der Schüler anschließend gemeinsam ausgewertet werden. Dies passiert durch eine vom Lehrenden geleitete Diskussion. So können die Schüler ihre Resultate selbst vorstellen, der Lehrende hat dabei jedoch immer die Kontrolle über die Dauer und den Inhalt der Diskussionen und kann so den Unterricht genauer planen, was unerlässlich ist damit die auf dem Programm stehende Stoffmenge auch behandelt werden kann.

Zusammenfassend kann man sagen, dass sowohl die Lehrer- wie auch die Schüleraktivitäten im Curriculum verankert sein müssen, um dem Lehrenden eine Idee zu geben, wie er die Unterrichtseinheiten gestalten kann. Zu den wichtigsten Lehreraktivitäten zählt die didaktische Reduktion, welche sowohl inhaltlich wie auch optisch und sprachlich sein sollte, um sowohl in angemessenem Umfang auf die Inhalte einzugehen als auch diese so aufzubereiten, dass sie von den Schülern besser verarbeitet werden können. Die Auswahl des Einstiegs hat ebenso eine Auswirkung auf den Lernerfolg wie die verwendeten Methoden. Bei meiner Arbeit habe ich als Schüleraktivitäten sowohl das Situationsorientierte wie auch das Soziale Lernen anhand eigener Unterrichtseinheiten getestet. Schlussfolgernd kann ich sagen, dass beide Arbeitsweisen sehr gut in den Unterricht der Zellbiologie passen und auch deshalb ins Curriculum gehören. Um sicherzustellen, dass auch genügend an Inhalten behandelt wird, ist es aber nach wie vor unabdingbar auch zeitweise auf den fragend-entwickelnden Unterricht und den Lehrervortrag zurückzugreifen. So haben alle im Curriculum genannten Unterrichtsformen ihre Daseinsberechtigung.

3.2.6. Medien

Methoden und Lernmittel	Die Verwendung von neuen Medien, wie Quellen, Bildern und Videos aus dem Internet, stellt für die Schüler ein unverzichtbares Muss in ihren zukünftigen Studien und Berufen dar. Deshalb sollen diese Medien mit in den Unterricht eingebunden und mit den Inhalten im Buch verknüpft werden. (…)
Obligatorische didaktische Unterlagen	- Ausgeteilte Unterrichtsvorlagen der Lehrperson - MENCHE Nicole, Biologie, Anatomie, Physiologie, Urban und Fischer Verlag, 7.Auflage, 2012
Zusätzliche Referenzen	- SCHÄFER Ulrich, ALBERTS Bruce, Molekularbiologie der Zelle, Wiley-VCH Verlag GmBH, 5. Auflage, 2011 - CAMPBELL, Neil A. und REECE, Jane B., Biologie - Der neue Campbell, Pearson, 8. Auflage, München, 2009.

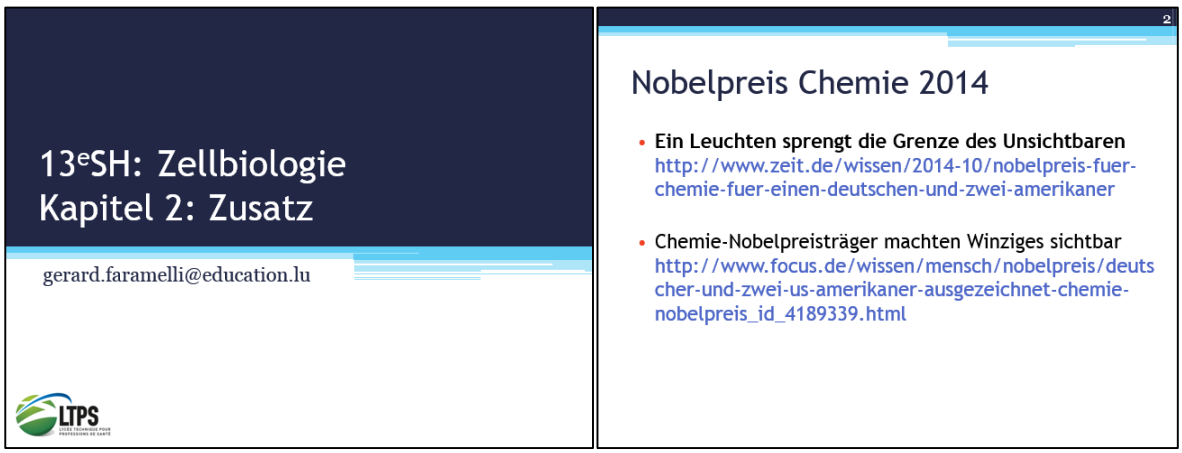
Für den Unterricht der Zellbiologie habe ich mich für den Einsatz eines Buches entschieden. Auch wenn man behaupten kann, dass Bücher ein veraltetes Medium sind, welche infolge der heutigen informatischen Möglichkeiten nicht mehr benötigt werden so bleibt, laut Demeuse und Strauven (2) das Buch für den Schüler trotzdem eine sehr wichtige Informationsquelle. Das Wissen darin ist nämlich zu jederzeit zugänglich und durch die didaktische Reduktion obendrein verständlich aufbereitet ist. Ich kann diese Aussage nur bestätigten und denke, dass die informatischen Medien komplementär zu den Büchern eingesetzt werden sollten. Ob die Bücher nun digital oder analog sind spielt hierbei keine große Rolle. Einzig allein der Fakt, dass sowohl der Lehrende wie auch die Lernenden sich auf die darin enthaltenen Informationen verlassen können ist schon ein Alleinstellungsmerkmal.

Der Einsatz desselben Buches wie auch im Fach der Humanbiologie nämlich „Biologie, Anatomie, Physiologie“ (101) stellte für mich von Anfang an eine gute Option dar. Hierfür gibt es mehrere Gründe. Zum einen besitzen die Schüler dieses Buch bereits. Sie kennen also die Struktur des Buches und sind im Umgang mit ihm vertraut. Zudem ist es besonders nützlich, dass es im Buch klare Verweise bei Themen gibt, welche mit der Humanbiologie vernetzt sind. So können die Schüler einfach hin und her blättern und so viel leichter eine Beziehung zwischen dem Wissen aus beiden Fächern herstellen. Ebenso wäre es meiner Meinung nach ohne Sinn ein zusätzliches Buch anzuschaffen, was für die Schüler weitere Kosten verursachen und Transportprobleme darstellen würde. Schlussendlich sind die Inhalte im Buch vom Schwierigkeitsgrad her gut geeignet. Sie sind auf Schüler zugeschnitten, welche eine Ausbildung im Bereich der Gesundheitsberufe angehen wollen und somit auf Schüler, welche weiterführende Studien absolvieren sollen. Da das Buch vor allem auf die Wissensvermittlung aufbaut, bietet es sich jedoch an auf andere, nicht kognitive Lernziele unter der Zuhilfenahme von Arbeitsblättern und anderen Medien einzugehen.

Im Gegensatz zu den Schülern, sollten die Lehrenden genügend Fachwissen und Fähigkeiten besitzen, um selbst Fachbücher zur Weiterbildung auswählen zu können. Nichtsdestoweniger kann es nützlich sein manche Fachbücher im Curriculum zu empfehlen, da dies Kosten und Zeit erspart um ein Buch zu finden, welches sich als Lehrerbuch und Nachschlagewerk bei tiefgreifenden Fragen eignen könnte. Als Buch für den Lehrer würde ich das schon erwähnte „Lehrbuch der Molekularen Zellbiologie“ (75) empfehlen. Dieses enthält Details zu allen behandelten Kapiteln und kann dem Lehrenden einen Überblick über die Vielfalt der Zellbiologie geben. Zusätzlich würde ich den sogenannten „Campbell Biologie“ (76) empfehlen, welches ein gutes Nachschlagewerk für alle Themen der Biologie darstellt und oftmals auch als Referenz für Studenten genannt wird.

Neben dem Einsatz des Buches als Referenz für die Schüler sollen diese lernen mit den neuen Medien umzugehen. Aus diesem Grund setze ich im Unterricht der Zellbiologie vorwiegend auf PowerPoint um Bilder, Texte oder Aufgaben zu zeigen. Um die gezeigten Inhalte mit den Schülern teilen zu können wandele ich die gezeigten PowerPoint-Folien nach dem Unterricht in ein PDF-Dokument um, welches ich den Schülern in einer Cloud zur Verfügung stelle. Dies hat den Vorteil, dass die Schüler jederzeit die Inhalte des Unterrichts aus dem Internet laden können. Neben dem Zeitvorteil gegenüber dem Austeilen aller Inhalte können sich ebenfalls die Schüler, die den Unterricht verpasst haben ohne Nachfragen schnell die Unterrichtsmaterialien besorgen. Ein solches Vorgehen kenne ich von meinen eignen, universitären Studien und habe dies immer als besonders nützlich für den Studierenden empfunden. Dabei kommt es jedoch auch darauf an, dass der Lernende mit der ihm zugeteilten Autonomie zurechtkommt und nicht vergisst sich die Unterrichtsinhalte regelmäßig anzueignen.

Neben diesen Unterrichtsvorlagen biete ich den Schülern in der Cloud ebenfalls zusätzliche Informationen zu jeder der Unterrichtseinheiten an. Diese versuche ich möglichst ansprechend zu gestalten, in dem ich die Informationen sowohl lebensnah und aktuell gestalte als auch versuche diese dem Niveau der Schüler anzupassen. So habe ich die Woche vor der Verleihung des Nobelpreises des Jahres 2014 im Unterricht von der Theorie der Auflösungsgrenze gesprochen. Dass der Nobelpreis in der Chemie schlussendlich an die drei Wissenschaftler ging, denen es gelungen ist die Auflösungsgrenze deutlich zu reduzieren, war eine gute Gelegenheit zwei Artikel hierzu in das Zusatzangebot zu packen (siehe Abb. 11).



11 Zusatzangebot: Hier bieten sich besonders aktuelle Artikel oder Videos an.

Um den Unterricht interessant zu gestalten ist es wichtig, dass die Lehrperson ansprechende, zum Inhalt passende Bilder benutzt. Diese kann man aus den Lehrbüchern oder Medien der Verlage entnehmen, wobei sich hier immer das Problem des Urheberrechts stellt. Besonders wenn die Unterrichtseinheiten nachher zum Teil öffentlich ins Internet gestellt werden ist es wichtig, dass der Lehrende diese nicht verletzt. Um dennoch Bilder verwenden zu können muss man einige Webseiten im Internet kennen, die solche, zur freien Abänderung und Veröffentlichung, anbieten. Ich habe im Folgenden eine kleine Liste solcher Seiten kurz zusammengestellt:

Tab. 10. Auflistung von Webseiten zur Recherche von freien Bildern

Name der Webseite	Internetadresse	Beschreibung
Wesapiens.org	http://www.wesapiens.org	Eine offene Wissenscommunity, welche, nach kostenloser Anmeldung, Bilder zu vielen naturwissenschaftlichen Fächern zur Verfügung stellt.
BIODIDAC	http://biodidac.bio.uottawa.ca/index.htm	Biologische Bilderdatenbank der Universität Ottawa
Google Bildersuche	https://www.google.lu/advanced_image_search?hl=de-LU&fg=1	Ergebnisse eingrenzen: Nutzungsrechte: Auswählen → Frei zu nutzen, weiterzugeben und veröffentlichen
Wikimedia Commons	http://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page	Bilder-Datenbank, welche auch die meisten in der Onlinebibliothek Wikipedia.org enthaltenen Bilder liefert.

Neben statischen Informationen, eignet sich das Internet auch sehr gut dazu, um zum Unterricht passende Videos zu finden. Wie in der Theorie beschrieben (siehe S.53) sollen diese nicht die sofortige Antwort auf Fragen liefern, sondern die Problemstellung klarer machen. Solche Videos sind allerdings relativ schwer zu finden. Es bietet sich hier an die Videos nach der Problemstellung an geeigneter Stelle zu unterbrechen, den Unterricht mit der Problemstellung weiterzuführen und zum Abschluss wieder auf den Rest des Videos zurückzukommen. Neben solchen Videos habe ich zum Abschluss an eine Stunde oder in den Zusatzinformationen kurze Videos eingefügt, welche die wichtigsten Punkte einer Unterrichtseinheit resümieren sollen. Diese bilden, wenn punktuell richtig eingesetzt einen weiteren Ankerpunkt für das Gedächtnis und eignen sich gut, wenn nur noch wenige Minuten bis zum Schluss der Stunde bleiben.

Besonders auf der Internetplattform YouTube findet man mittlerweile sehr viele, auch pädagogisch wertvolle Videos. Diese werden entweder von Privatleuten, Firmen oder Institutionen veröffentlicht. Ein vorheriges Ansehen der Videos durch die Lehrperson ist allerdings unabdingbar da manche inhaltlich entweder zu kurz oder zu weit greifen. Außerdem müssen die Videos auf Korrektheit und Aktualität der jeweiligen Inhalte kontrolliert werden. Einige der interessantesten Kanäle für die Zellbiologie, aber auch weitere Wissenschaftsfächer habe ich in der folgenden Tabelle aufgelistet:

Tab. 11. Auflistung von Videokanälen		
Name des Youtube-Kanals	**Internetadresse**	**Beschreibung**
The Simple Biology	https://www.youtube.com /user/TheSimpleBiology	Kanal von zwei jungen deutschen Studenten, welche sich als Ziel gesetzt haben naturwissenschaftliche Themen in ansprechender Form an Jugendliche zu vermitteln
Head Squeeze	https://www.youtube.com /user/HeadsqueezeTV/	Kanal zu wissenschaftlichen Fragen der Britisch Broadcasting Company
DNews	https://www.youtube.com /user/DNewsChannel/	Kanal von discovery.com, einem weltweit bekannten Dokumentationsfernsehkanal
Ted-Ed	https://www.youtube.com /user/TEDEducation/	Kanal einer offenen Wissens-Community, welche Inhalte für Lernende von Lehrenden anbietet
KClassScience Channel	https://www.youtube.com /user/KClassScienceChannel/	Kanal einer Firma welche sich darauf spezialisiert hat multimediales Material für Schulen bereit zu stellen
Max Planck Society	https://www.youtube.com /user/MaxPlanckSociety/	Kanal der Max-Planck-Gesellschaft, einer weltweit bekannten Forschungsorganisation
Nobel Prize	https://www.youtube.com /user/thenobelprize/	Kanal der Nobel-Preis Organisation

Um sicher zu stellen, dass die Schüler die Hauptaussagen in den Videos auch verstanden haben, sollten diese gelegentlich nach wichtigen Punkten unterbrochen werden. Durch kurze Frage-Antwort-Diskussionen kann der Lehrende so feststellen, ob die Lernenden verstanden haben und kann wenn nötig weitere Erklärungen geben. Da viele der Videos auf Englisch sind bietet es sich an diese mit Untertitel (wenn qualitativ vertretbar) zu zeigen und mehrere solcher Erklär-Momente einzubauen.

Generell ist die Anzahl an Medien, welche im Unterricht eingesetzt werden können sehr vielfältig. Nach wie vor bildet ein Buch zum Unterricht die Basis auf die der Lehrende und die Lernenden vertrauen können. Dies ist auch die Begründung, warum ein Buch im Curriculum angegeben werden sollte. Zusätzlich hierzu bieten sich viele moderne Medien an, welche das Lernen vereinfachen können und deshalb ebenfalls im Curriculum genannt werden sollten.

3.2.7. Evaluation

Nombre minimal de devoirs par semestre : 1 devoir par semestre	
Evaluation	Die formative Evaluation spielt eine wichtige Rolle bei der Kontrolle des Lernerfolges. Deshalb sollte vor jeder summativen Evaluation mindestens eine Unterrichtsstunde der formativen Evaluation gewidmet werden. Sowohl Hausaufgaben zur Wiederholung des Unterrichtsinhaltes, wie auch auto-evaluative Tests (z.B. über Internetplattformen) bieten sich an. Die summative Evaluation soll nicht nur Wissensfragen, sondern auch Transfer- und Applikationsaufgaben enthalten.

Die Evaluation ist dazu da den Lernerfolg zu überprüfen. Diese Kontrolle kann in zwei große Kategorien eingeteilt werden. In einer formativen Phase ermöglicht die Evaluation dem Schüler gemachte Fehler zu erkennen und so seinen Lernerfolg zu verbessern. In der summativen Phase geht es schließlich darum den Lernerfolg nach einer bestimmen Lernzeit offiziell festzuhalten.

3.2.7.1. Formative Evaluation

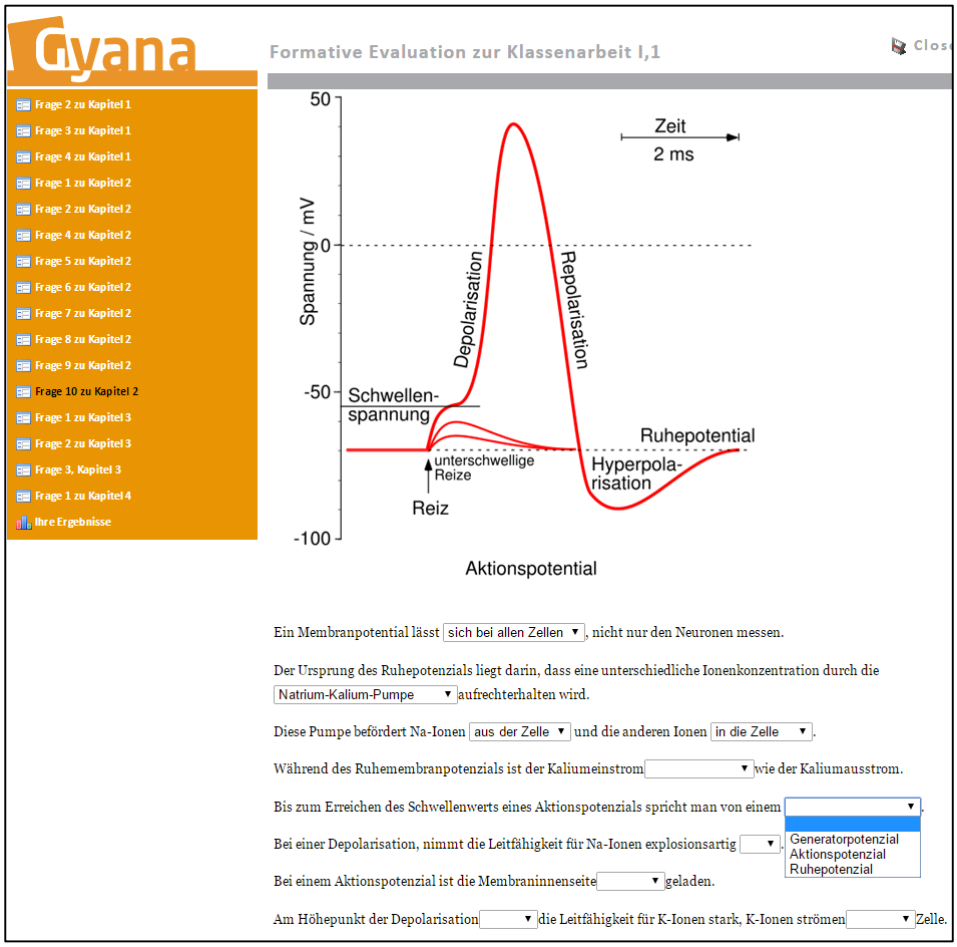
Bei der formativen Evaluation ist ein freundlicher Umgang mit Fehlern sehr wichtig. Um eine solche Form der Evaluation im klassischen Sinne korrekt durchzuführen, bedarf es auf den Seiten des Lehrenden wie auch des Lernenden viel Zeit, da zuerst Tests gemacht werden müssen und dann darauf entsprechend (mit Remediationen) reagiert werden muss. Die den Schülern außerhalb der Schule frei zur Verfügung stehende Zeit ist auf der Oberstufe allerdings knapp bemessen. Da der „Travail d'envergure" fünf Schulwochen im Jahr in Anspruch nimmt fehlen diese für das Arbeiten und die Klassenarbeiten in den anderen Fächern. So ergibt sich, dass zum Beispiel für das erste Semester des Schuljahrs 2014/2015 zehn reguläre Schulwochen zur Verfügung stehen in denen alle Klassenarbeiten geschrieben werden müssen. Bedenkt man, dass auf der 13eSH in zwölf verschiedenen Fächern insgesamt mindestens 20 Klassenarbeiten pro Semester zu schreiben sind, so haben die Schüler pro Woche mindestens zwei Klassenarbeiten. Wenn man sich dazu noch den Zeitplan einer Klasse anschaut, so sieht man, dass die Schüler 32 Wochenstunden in der Schule selbst verbringen. Der Unterricht dauert manchmal bis 16h15 oder 17h10, meistens aber bis 15h20. Die Schüler haben also relativ wenig Zeit, neben den anstehenden Klassenarbeiten, Hausaufgaben zu machen und Gesehenes zu wiederholen. Eine formative Evaluation, welche auf Hausaufgaben basiert funktioniert daher nach meinen Erfahrungen und denen mancher Kollegen relativ schlecht. So habe ich beim praktischen Versuch bemerkt, dass nur eine Handvoll Schüler tatsächlich ihre Hausaufgaben gemacht hatten. Nichtsdestoweniger denke ich nicht, dass man das nicht Erledigen der Hausaufgaben durch die aufgeführten Argumente so komplett entschuldigen kann. Jedoch sind

sie ein Grund dafür, warum es sich für den Aufwand relativ gesehen nicht lohnt eine solche Art der formativen Evaluation durchzuführen.

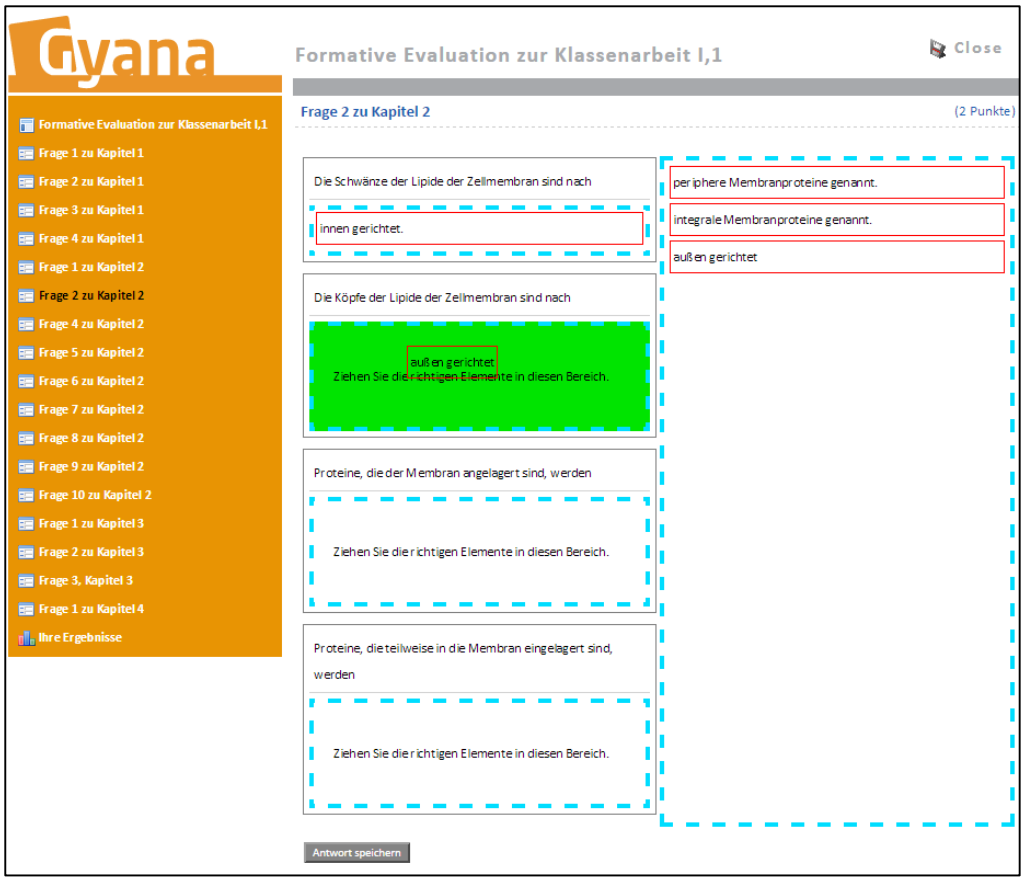
Wenn es wegen Zeitmangels weder möglich ist die formative Evaluation regelmäßig im Unterricht noch als Hausaufgabe zu erledigen müssen andere Möglichkeiten ausgetestet werden. Da die Schüler neben dem Wissen auch den Umgang mit den neuen Medien lernen sollen bietet es sich an von diesen zu profitieren. So habe ich internetbasierte, formative Selbsttests auf der 13eSH getestet. Den Schülern habe ich bereits zwei Wochen vor der Klassenarbeit die vorzubereitende Materie mitgeteilt. In der Stunde vor der Klassenarbeit wurden also keine neuen Inhalte mehr bearbeitet. Stattdessen haben die Schüler im Informatikraum entweder in Einzel- oder Partnerarbeit auf formative Fragen geantwortet. Auf dem education.lu – Portal (102) gibt es hierzu eine App: Gyana. Mit Hilfe dieser App kann der Lehrende formative Selbsttests erstellen, welche die Schüler online ausfüllen (siehe Abb. 12-15). Dies hat gegenüber der klassischen formativen Evaluation den Vorteil, dass die Schüler sofort ein Feedback zu ihren gegebenen Antworten erhalten. Demnach können die Lernenden sofort sehen, ob ihre angegebenen Antworten richtig oder falsch sind. Sind sie falsch bekommt der Lernende einen Hinweis darauf, wo er die richtige Antwort finden kann und weitere Erklärungen zu dem Fehler, den er begangen hat.

Dieses System erlaubt es, dass die Schüler in einer einzigen Schulstunde formative Fragen beantworten und anschließend erkennen können, ob ihr Wissenstand gut genug ist um den folgenden summativen Test bestehen zu können. Einen weiteren Vorteil dieser App ist, dass sie nicht nur den Schülern die Resultate übermittelt, sondern diese ebenfalls dem Lehrer zur Verfügung stellt. So kann dieser sich vergewissern, dass die Schüler in der Stunde gearbeitet haben und ebenfalls die Resultate zur Lernerfolgskontrolle benutzen. Der Nachteil für den Aufsteller der Fragen ist allerdings, dass es einiges an Zeit kostet die Fragen aufzustellen, zu ordnen und für jede Frage ein angemessenes Feedback zu finden. Sind die Fragen jedoch einmal zusammengestellt kann der Lehrende sich im Unterricht vollkommen auf die individuelle Betreuung der Schüler konzentrieren, was den Schülern sicherlich zugutekommt.

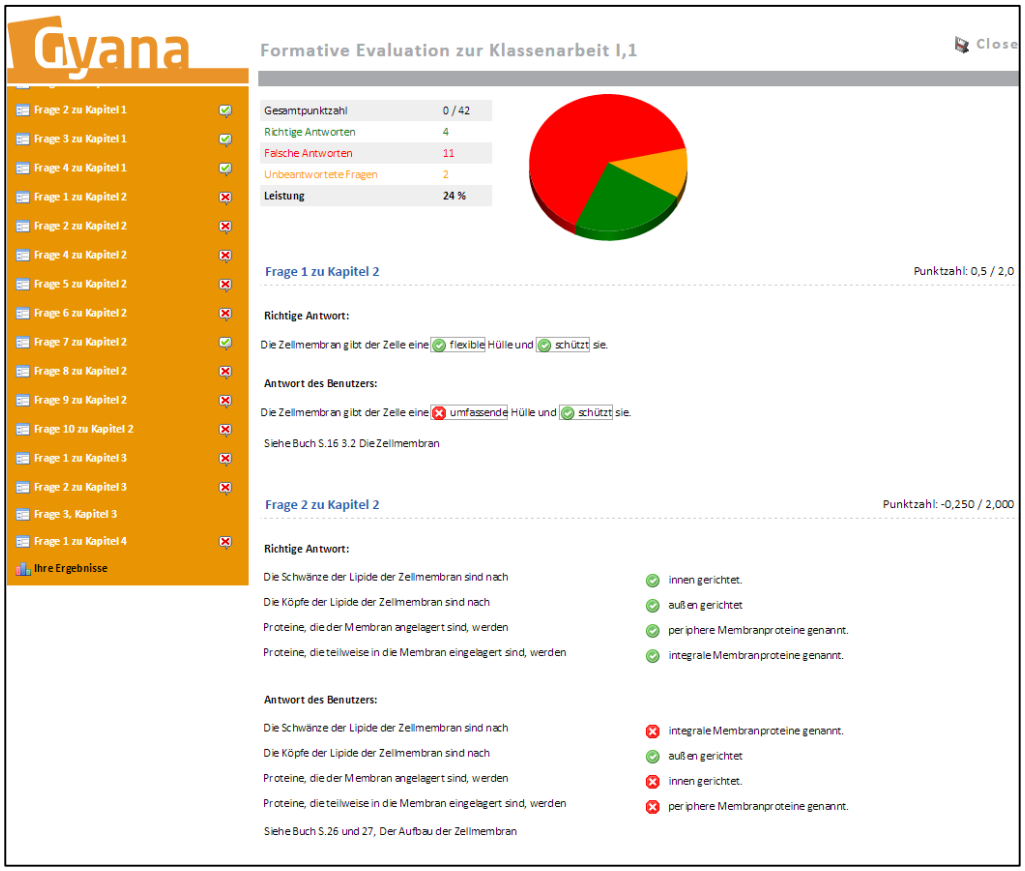
12 Gyana - Beispiel einer Multiple-Choice-Frage



13 Gyana - Beispiel einer Lückentextfrage mit mehreren möglichen Optionen

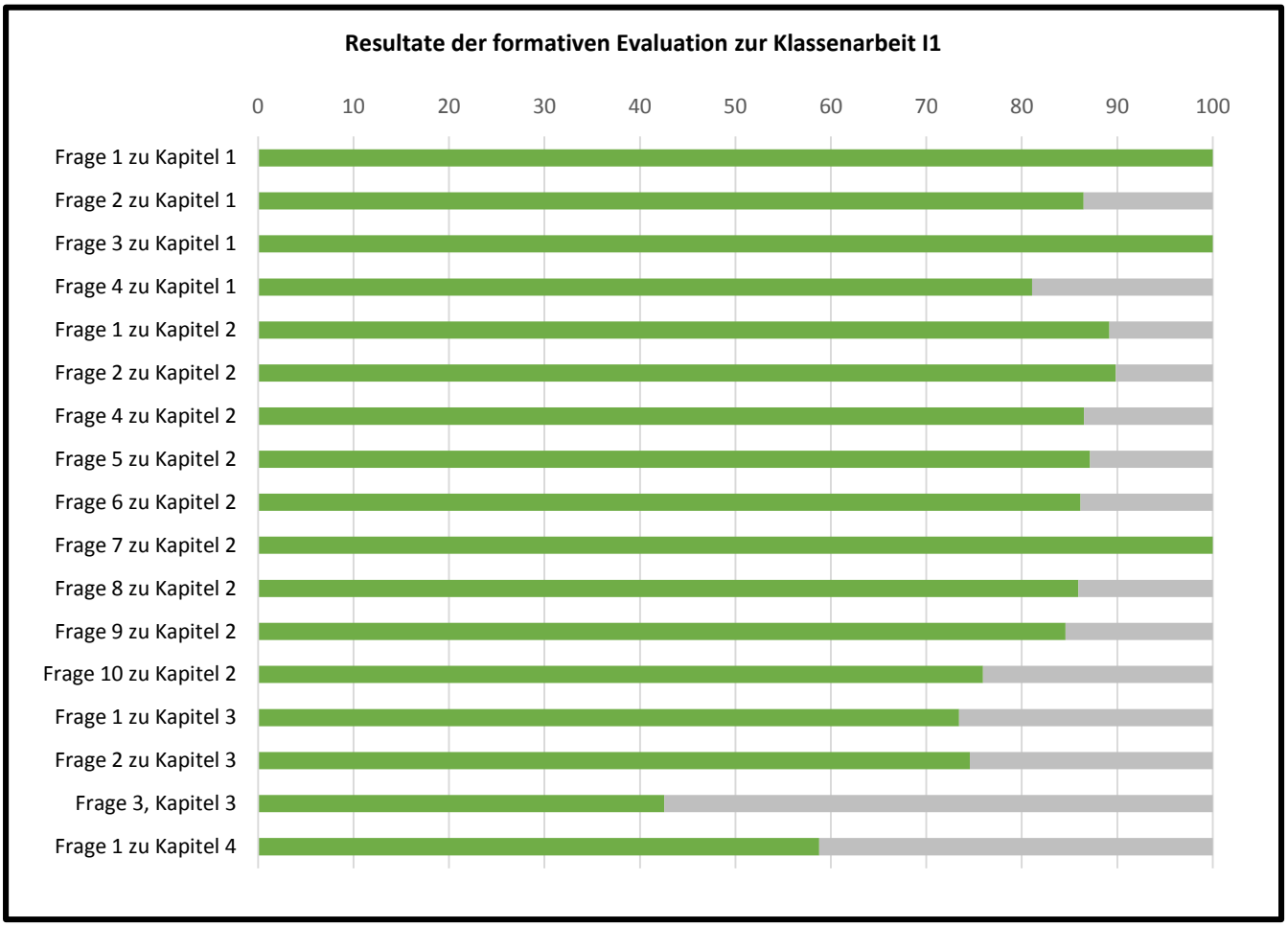


14 Gyana - Beispiel einer Sortierfrage



15 Gyana - Beispiel der präsentierten Ergebnisse

Auf beiden 13eSH Klassen habe ich diese Art der formativen Evaluation durchgeführt. So habe ich den Schülern siebzehn verschiedene Fragen zu den gesehenen Inhalten gestellt. Um den Test interessanter zu gestalten habe ich nicht nur auf bloße Multiple-Choice-Fragen zurückgegriffen, sondern auch auf das Ausfüllen von komplexeren Lückentexten, die Sortierung von Abläufen in der richtigen Reihenfolge sowie das Verschieben zueinander passender Inhalte. Da manche Schüler in Partnerarbeit auf die Fragen geantwortet haben, habe ich insgesamt 36 Tests zum Auswerten bekommen. Die Resultate zu den Fragen kann man sehr leicht exportieren und anschließend mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms auswerten.



Bei der Analyse der Resultate der formativen Evaluation gilt es zu beachten, dass den Schülern ihre Unterlagen während der Evaluation zur Verfügung standen. Da manche außerdem in Gruppen gearbeitet haben sind die Erfolgswerte sehr hoch und entsprechen sicherlich nicht dem realen Wissenstand. Nichtsdestoweniger können die Fragen, die eine schwächere Erfolgsquote aufzeigen ein Hinweis für den Lehrenden sein, welche Inhalte nur bedingt verstanden worden sind. Schaut man sich die Resultate im einzeln an so sind es überwiegend die Fragen zu Kapitel 2 und 3 welche schlechter beantwortet wurden. Dies ist umso erstaunlicher, da diese Inhalte erst kurz vor der formativen Evaluation behandelt worden waren und lässt darauf schließen, dass es hier Verständnisprobleme gibt, während es so scheint als wäre das Einleitungskapitel besonders gut verstanden worden.

Laut den Schülern war diese Stunde der Prüfungsvorbereitung eine gute Idee. Viele gaben an, dass sie sich so bewusst geworden sind, dass sie weit mehr Wissenslücken im Fach der Zellbiologie besitzen als sie an sich gedacht hatten. So haben sich manche Schüler sicherlich besser auf die folgende Klassenarbeit vorbereitet als dies ohne formative Evaluation der Fall gewesen wäre. Auch ich habe während der Stunde auf beiden Klassen das Gefühl gehabt, dass die Unterrichtsstunde ein Erfolg war. So haben die Schüler sich intensiv mit den zu lernenden Inhalten beschäftigt. Ich kann also nur daraus schlussfolgern, dass solche internet-basierten Selbst-Tests dazu helfen den Lernerfolg zu kontrollieren und auf existierende Probleme aufmerksam zu machen. Als Wundermittel kann man sie trotzdem nicht bezeichnen, da nach dem Erkennen von Problemen diese auch noch aktiv angegangen werden müssen.

Für das Schuljahr 2014/2015 bot die Gyana-App also eine gute Möglichkeit solche Evaluationen aufzustellen. Mit der Reform der Internetplattform von education.lu und myschool.lu in den kommenden Monaten und Jahren ist es allerdings ungewiss, wie lange diese Plattform bestehen bleibt. Außerhalb des Angebots des Ministeriums gibt es jedoch eine große Anzahl weiterer solcher Plattformen. Der Lehrerkollege Franky Hansen hat sein „Mémoire pédagogique“ (103) diesem Thema gewidmet und eine Reihe solcher Plattformen ausführlich getestet. Die nutzerfreundlichsten Alternativen zu Gyana habe ich in der folgenden Tabelle kurz aufgelistet:

Tab. 12. Auflistung von Webseiten zur formativen Selbstevaluation

Name der Webseite	**Internetadresse**
Examtime	https://www.examtime.com/de/
Socractive	http://www.socrative.com/
Edmodo	https://www.edmodo.com/

3.2.7.2. Summative Evaluation

In der summativen Evaluation geht es darum zu analysieren, ob die Lernenden die Lernziele erreicht haben. Bei den bereits erwähnten, über zwei Semester verteilten 22 Unterrichtsstunden insgesamt ergibt es Sinn nicht mehr als eine Klassenarbeit pro Semester vorzusehen. So müssen die Schüler für die beiden Klassenarbeiten den Inhalt von jeweils ca. 10 Unterrichtsstunden vorbereiten. Die Quantität der Inhalte befindet sich damit im gleichen Rahmen wie bei den anderen Fächern. Die zusätzliche Option von „Contrôles“ wie, zum Beispiel die Bewertung von Hausaufgaben ist gesetzlich auf der 13e nicht vorgesehen (104). So entfällt diese pädagogisch sinnvolle Möglichkeit der Kontrolle leider. Die beiden Klassenarbeiten sind also die einzigen summativen Evaluationen die im Fach der Zellbiologie stattfinden.

3.2.7.2.1. Erste Klassenarbeit

3.2.7.2.1.1. Aufstellung I,1

Die im Curriculum definierten Lernziele sind kognitiver, affektiver und psychomotorischer Natur (siehe S.74). Wie schon erwähnt, ist es wichtig, dass alle Lernziele im Laufe des Schuljahres bei den Schülern abgeprüft werden. Während dies bei den kognitiven Lernzielen sehr gut anhand der summativen Tests geschehen kann, so ist es für die affektiven und psychomotorischen Lernziele schwieriger. Ich habe mich deshalb dazu entschlossen, die psychomotorischen Lernziele nur formativ abzuprüfen, während ich die affektiven Lernziele in der zweiten Klassenarbeit prüfe, da im 2. Semester mehr Inhalte affektiver Natur behandelt werden.

Bei der Überprüfung der kognitiven Lernziele soll nicht nur das bloße Fachwissen abgefragt werden. Es sollen ebenfalls von den Denkprozessen her schwierigere Fragen vorgesehen werden, welche ein Transferdenken und ein Anwenden von Wissen verlangen. So habe ich den Schülern bei der ersten Klassenarbeit verschiedene Arten von Aufgaben gestellt (siehe Anhang 6.6.1 „Klassenarbeit I1: Aufgaben“, Seite 163). Das Beschreiben der Funktionsmechanismen der Natrium-Kalium-Pumpe (Frage II.1.) und der Vorgänge, die bei der Repolarisation ablaufen (Frage II.2.) sind beispielsweise Fragen, die auf der niedrigsten Ebene angesiedelt sind. Um Fehler in einem vorkommenden Text verbessern zu können (Fragen I.1 und III.1) bedarf es jedoch nicht nur Kenntnisse, sondern die Schüler müssen den Text verstehen, ihr Wissen mit dem Text vergleichen und die falschen Wörter durch die richtigen ersetzen. Dies ist ein schwierigeres Niveau. Auch die Frage zur Einordnung der Diagramme (Frage II.3) setzt sowohl Wissen voraus, wie auch die Fähigkeit dieses anzuwenden. Die Interpretation eines Experiments (Fragen IV.1.a bis 2.b) stellt das höchste abgeprüfte Niveau dar. Bei diesen Fragen ist weniger das bloße Wissen der Inhalte gefragt, sondern es geht um das Abprüfen der wissenschaftlichen Denkweisen und Arbeitsmethoden.

In der ersten Klassenarbeit basieren 30 Punkte auf „Wissen wiedergeben“, 16 Punkte auf „Wissen anwenden“ und 14 Punkte auf „Daten analysieren und Probleme lösen“. Somit sollte es für einen durchschnittlichen Schüler möglich sein durch sein Wissen eine genügende Note zu bekommen und der Schüler, der über das Fachwissen hinaus naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen verinnerlicht hat, sollte eine deutliche bessere Note erhalten.

3.2.7.2.1.2. Auswertung I,1

Um die Auswertung der Klassenarbeit möglichst verständlich zu illustrieren, habe ich für die Schüler alle Fragen in drei verschiedene Schwierigkeitsstufen eingeteilt (Wissen wiedergeben, Wissen anwenden und Daten analysieren und Probleme lösen), welche grob die „Educational objectives“ von Bloom (45) wiederspiegeln sollen. Dann habe ich auf beiden Klassen für jeden Schüler die erreichten Punkte für die einzelnen Fragen in einer Tabelle zusammengefasst und anschließend analysiert (siehe Anhang 6.6.2 und 6.6.3„Klassenarbeit I1: Auswertung SH1 und Auswertung SH2“, Seiten 170 und 171). Zur weiteren Analyse habe ich für jede der drei erwähnten Schwierigkeitsstufen die jeweils erreichten Punkte zusammengefasst und mit Hilfe eines Ampelsystems dargestellt (grün: mehr als 67% der Punkte, gelb: zwischen 67 und 41%, rot: unter 41% aller möglichen Punkte, siehe Tab. 13).

Tab. 13. Exemplarischer Ausschnitt der Tabelle der Resultate zur ersten Klassenarbeit

	Name	Vorname	Total	%	%	%	Schwierigkeitsstufen
1	Schüler 1		26				Wissen wiedergeben
2	Schüler 2		23				Wissen anwenden
3	Schüler 3		43				Daten analysieren und Probleme lösen
4	Schüler 4		46				
5	Schüler 5		22				Grüner Punkt: Mehr als 67%
6	Schüler 6		23				Gelber Punkt: Zwischen 67% und 41%
7	Schüler 7		31				Roter Punkt: Unter 41%
8	Mittelwert		29,5	49	43	49	
9	Max. Punkte		60				

Diese Werte habe ich den Schülern per E-Mail mitgeteilt und ihnen die Resultate der Analyse kurz erklärt. Dabei habe ich erwähnt, dass alle Schüler zusammen bei den einfacheren, wissensbasierten Fragen 47% aller möglichen Punkte bekommen haben. Auf dieser Schwierigkeitsstufe ist besonders die Frage II.2, zur Erklärung der Repolarisation unbefriedigend ausgefallen mit einem Durchschnitt von 1,4 von 5 Punkten. Dies ist umso merkwürdiger, da dieser Punkt nicht nur in der Zellbiologie, sondern auch in der Humanbiologie angesprochen wird. Eine Erklärung könnte sein, dass ich dieses Thema relativ kurz und hauptsächlich fragend-entwickelnd behandelt habe. Besonders gut beantwortet wurden die Fragen IV.1.b und IV.2.a. Die Prinzipien der Diffusion und der Semipermeabilität der Zellmembran scheinen also verstanden worden zu sein. Auf der zweiten Stufe haben die Schüler 41% der Punkte erreicht. Auffällig ist die Frage II.3, welche mit 2/6 Punkten als unbefriedigendste in dieser Kategorie steht. Da sie in Verbindung mit der Frage II.2 steht, werde ich in Zukunft versuchen dieses Thema mit einer anderen Methode zu behandeln umso bessere Resultate zu erzielen. Auf der 3. Stufe haben die Schüler 49% der Punkte erreicht. Bei allen Fragen handelte es sich hierbei um die Interpretation eines Experiments bei dem ein Transfer von Wissen aus dem im Unterricht gesehenen Stoff verlangt war. Mit 2,5/3 (83%) und 2,1/3 (72%) Punkten fällt die Beschreibung der gemachten Beobachtungen überdurchschnittlich gut aus. Dies zeigt, dass die Mehrheit der Schüler im Stande ist Beobachtungen korrekt zu beschreiben. Die Analyse dieser Beobachtungen ist allerdings unterdurchschnittlich ausgefallen. So ist die

Fähigkeit zur Abstraktion noch nicht bei allen Schülern entwickelt. Dies hat auch der Groupe de Travail SH in der Fortbildung während der Journée pédagogique 2014/2015 unter der Leitung von Thomas Debrux (105) festgestellt. Da die Ausbildung einer solchen Fähigkeit ein langwieriger, aber wichtiger Prozess ist, zu dem viel Übung gehört, werde ich auch in Zukunft versuchen dieses Denken mit in den Unterricht einzubauen.

Als Schlussfolgerung habe ich den Schülern mitgeteilt, dass ich davon ausgehe, dass viele sich nicht genügend auf die Prüfung vorbereitet hatten. Die Klassendurchschnitte liegen bei 29 von 60 Punkten, wobei 33 der 57 Schüler eine ungenügende Note erhalten haben. Da ihr Fachwissen relativ gering war, musste auch die 2. Schwierigkeitsstufe unbefriedigend ausfallen, da diese ja auf ersterer aufbaut. Die 3. Stufe fiel im Vergleich zu den beiden anderen gut aus. Sie baut zwar auch auf Wissen auf, jedoch ebenfalls auf der Fähigkeit zur Beobachtung und Analyse. Ich bat die Schüler um einen Kommentar meiner kritischen Analyse. Es folgten etwa zehn Antworten in welchen die Schüler mir bestätigten, dass sie neben der Zellbiologie noch drei, beziehungsweise, vier weitere Prüfungen in derselben Woche hatten und dadurch die Vorbereitung für die Zellbiologie zu kurz ausgefallen war.

3.2.7.2.2. Zweite Klassenarbeit

3.2.7.2.2.1. Aufstellung II,1

Mit der zweiten und somit auch letzten Klassenarbeit des Jahres habe ich mir erhofft mehr über den gesamten Lernfortschritt der Schüler zu erfahren. In der ersten Unterrichtsstunde des Jahres habe ich, wie erwähnt (siehe S.64), einen Vortest zur Ermittlung der Bedürfnisse und des Vorwissens der Schüler durchgeführt. Mit Hilfe der Klassenarbeit (siehe Anhang 6.7.1 „Klassenarbeit II1: Aufgaben“, Seite 173) wollte ich nun gerne überprüfen inwieweit die Schüler ihr Wissen erweitert haben. Hierzu habe ich den Schülern sehr ähnliche Fragen zu den Aufgaben der einzelnen Zellorganellen gestellt wie jene, welche sie schon im September beantwortet hatten (Fragen I.1, I.2.a). Diese Fragen kognitiver Natur habe ich um weitere Fragen ergänzt, welche zwar auch Wissen zum gleichen Thema abprüfen, jedoch auf einem höheren Schwierigkeitsgrad (Fragen I.2.b, I.2.c). Die Schüler müssen hierbei nämlich das Wissen nicht nur wiedergeben, sondern auch anwenden. Im Anschluss folgen weitere kognitive Fragen zum Thema Zytoskelett, zu welchem die Schüler selbst in der beschriebenen Gruppenarbeit (siehe S.99) die Informationen zusammengetragen hatten.

Im Unterricht habe ich öfters neben den Wirkungsursachen auch über die Zweckursachen gesprochen. Hierbei wurde das Thema der Evolution mehrfach behandelt. Da dies ebenfalls ein Lernziel ist, welches noch nicht abgeprüft wurde, habe ich beschlossen auch hierzu eine Frage zu stellen (Frage III.1). Neben den kognitiven Lernzielen wollte ich das Lernziel der affektiven Domäne ebenfalls abprüfen. Deshalb habe ich zwei Fragen zum Thema der Präimplantationsdiagnostik gestellt (Fragen IV.a und IV.b). Beide Fragen sind weiterhin mit der kognitiven Domäne verbunden. Besonders bei der Frage IV.b ist es den Schülern jedoch möglich eigene Argumente mit einzubringen.

Um den Zeitrahmen einer Prüfungsstunde nicht zu sprengen, musste ich von der Analyse eines Experiments dieses Mal absehen. So werden also die wissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen weniger geprüft. Im 2.

Semester war auch nur ein solches Experiment in der Klasse behandelt worden, da ich die anderen Lernziele ebenfalls zu Genüge abdecken wollte. Ich kann also behaupten, dass die zweite Klassenarbeit viele der Lernziele und Inhalte des Curriculums abprüft und somit in Kombination mit der ersten Klassenarbeit im weiteren Verlauf meiner Arbeit dazu benutzt werden kann den Lernerfolg der Schüler zu messen.

3.2.7.2.2.2. Auswertung II,1

Wie bereits bei der ersten Klassenarbeit habe ich zur besseren Übersicht der Resultate die von den Schülern erreichten Punkten in einer Tabelle festgehalten (siehe Anhang 6.7.2 und 6.7.3„Klassenarbeit I1: Auswertung SH1 und Auswertung SH2“, Seiten 179 und 180). Vor meiner Analyse möchte ich noch bemerken, dass einige Schüler im Laufe des Schuljahrs die Ausbildung abgebrochen haben. So kommt es, dass weniger Schüler die zweite Klassenarbeit geschrieben haben. Bei der zweiten Klassenarbeit liegt der Notendurchschnitt der beiden Klassen bei 32 von 60 Punkten. Bei der Wiedergabe von Wissen haben die Schüler im Durchschnitt 50% der Punkte erreicht. Überdurchschnittlich gut mit 0,9/1 Punkten ist die Unterfrage zu den Funktionen der Ribosome ausgefallen. Diese haben die Schüler dank zahlreicher Wiederholungen also mittlerweile verinnerlicht. Am schlechtesten ist die Unterfrage I.1 zu den Mikrotubuli ausgefallen mit 0,31/1 Punkten. Die Funktionen dieser Organelle waren relativ schnell und fragend-entwickelnd behandelt worden, was sichtlich nicht zum besseren Verständnis und Behalten beigetragen hat. Daneben ist noch besonders auffällig, dass die zum Schluss des Jahres behandelten Themen insgesamt etwas schlechter ausgefallen sind. Beim Anwenden von Wissen kamen die Schüler auf 57%. Dies ist erfreulich, denn die Schüler haben hier besser abgeschnitten als bei den vermeintlich einfacheren Fragen. Besonders das Einzeichnen des Weges eines Glykoproteins von seiner Produktionsstätte bis hin zum Ort der Exozytose, welches auch in der Klasse als Experiment behandelt worden war, ist mit 1,8/2,5 (71%) Punkten gut ausgefallen.

Die in der Prüfung erreichten Punkte sind nach wie vor niedrig und zeigen, meiner Meinung nach, dass sich wohl viele Schüler erneut nicht genügend auf die Prüfung vorbereitet hatten. Dies zeigt auch das Phänomen, die Wissensfragen, die sich auf später im Semester gesehene Inhalte beziehen, allgemein schlechter ausgefallen sind. Die Schüler hatten wohl keine Zeit mehr diese Inhalte im Detail zu lernen. Nicht außer Acht lassen, sollte man trotzdem, dass auch einige Schüler gut bis sehr gut bei den beiden Klassenarbeiten abgeschnitten haben. So haben bei der letzten Klassenarbeit 8 der 56 Schüler eine Note von 45 von 60 Punkten oder mehr bekommen. Drei Schüler, welche ein Studium in der Biologie in Betracht ziehen, haben sogar 48, 49 und 58 von 60 Punkten erreicht.

Formative wie auch summative Evaluationen geben den Lernenden und den Lehrenden Hinweise darauf, ob die Lernziele des Curriculums von den Lernenden erreicht wurden oder nicht. Da beide Arten der Evaluation verschiedene Ziele verfolgen, nämlich die Verbesserung des Lernerfolgs bei der formativen und die finale Bewertung dieses Lernerfolgs bei der summativen Evaluation, habe ich beide in das Curriculum der Zellbiologie integriert.

Resümierend findet man die Erklärungen zu den Evaluationsmethoden meist am Schluss eines Curriculums, da die summative Evaluation am Ende eines Lernprozesses steht. Die Erklärungen zur Evaluation sind jedoch als genauso wichtig einzuschätzen wie die anderen besprochenen Punkte. So ist es für die Aufstellung eines Curriculums schlussendlich wichtig Nachforschungen über die Inhalte, wie auch über die Bedürfnisse der Schüler anzustellen. Für das Fach der Zellbiologie ist die Wahl zum Einstieg über die Lernziele die Konsequenz dieser Recherchen. Sie hat ebenso einen Einfluss auf die gewählten Inhalte, auf die Lehr- und Lernmethoden und, schlussendlich, auch auf die Evaluationsmethoden.

3.3. Evaluation des Curriculums

Nach der Aufstellung eines Curriculums erfolgen dessen Bewertung, eine erste Erprobung und eine erneute Bewertung. Die Evaluation des Curriculums ist jedoch kein einfacher Prozess. Besonders das Fehlen konkreter Indikatoren und Kriterien macht es schwer ein greifbares Urteil über die Qualität eines Curriculums zu fällen. Um trotzdem eine Evaluation und eine anschließende Verbesserung vor der Einführung durchführen zu können, habe ich mich auf meine eigene Einschätzung, das Feedback der Schüler, das meiner Lehrerkollegen in der Biologie und das der Arbeitsgruppe der SH-Sektion (CNPPS, sous-groupe SH) verlassen.

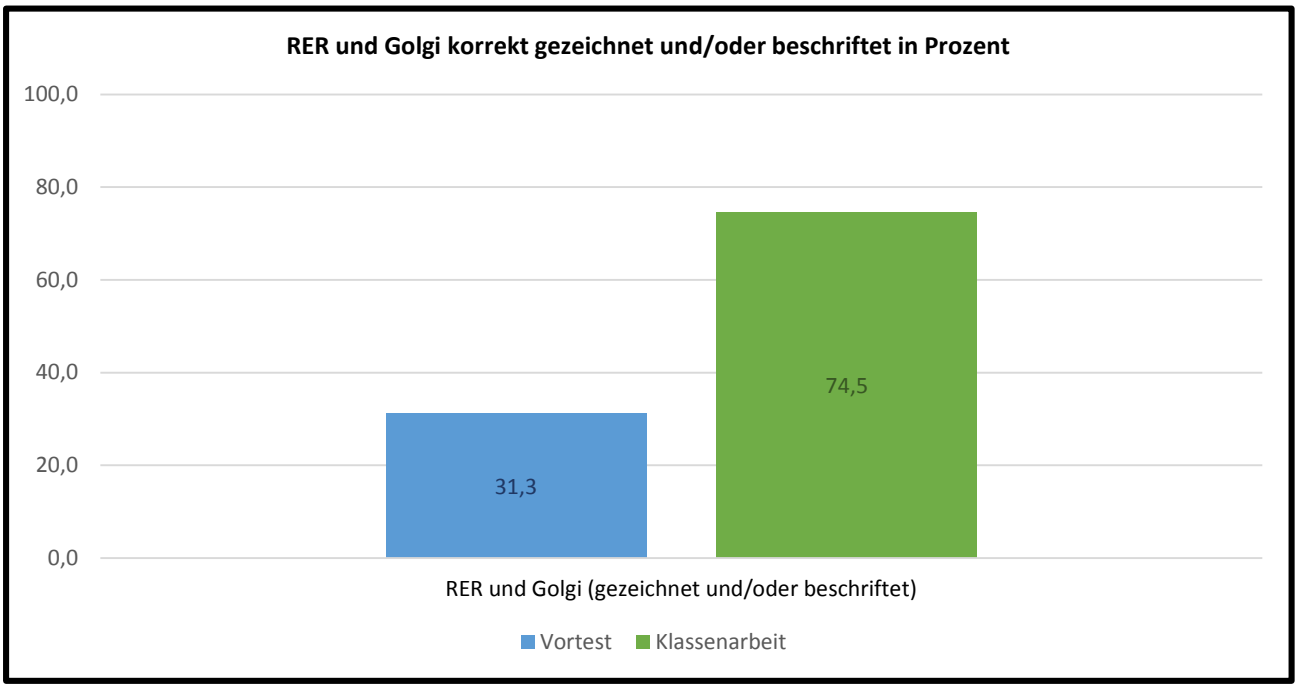
Da zum Aufstellen eines Curriculums auch dessen Erprobung gehört, habe ich wie beschrieben, auf den beiden SH-Klassen des Jahrgangs 2014/2015 das provisorische Curriculum getestet. Hierzu habe ich alle Unterrichtsstunden geplant und durchgeführt sowie analysiert. Nach jeder Stunde habe ich eine kurze Bilanz zum Ablauf des Unterrichts gezogen. Anschließend habe ich versucht nötige Verbesserungen am Unterricht sofort durchzuführen. Da ich auf beiden SH-Klassen etwas zeitversetzt die gleichen Unterrichtseinheiten behandelt habe, war dies ohne Probleme möglich. Nach meiner persönlichen Einschätzung kann ich sagen, dass die meisten der Stunden von Anfang an relativ gut verlaufen sind. Bei Stunden, welche lehrerzentrierter waren sind die Inhalte weniger gut bei den Schülern hängen geblieben. Dies zeigen auch die Resultate der Klassenarbeiten. So werde ich auch in Zukunft vor allem das aktive Lernen bevorzugen.

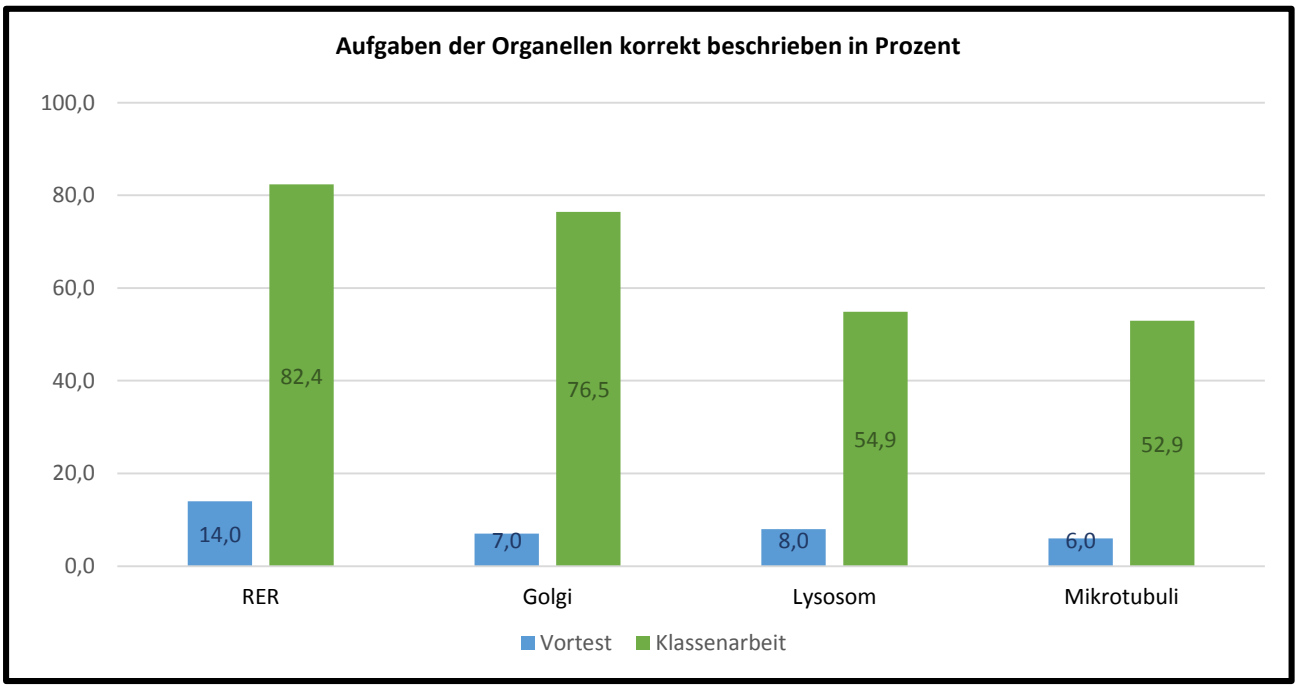
Bei der Planung der einzelnen Unterrichtseinheiten hatte ich besonders darauf geachtet die Stunden nicht zu überladen, damit noch Zeit für Diskussionen und Feedback bleibt. So konnte ich auch eine Bewertung des Curriculums von den Schülern erhalten. Insgesamt haben die Schüler den Unterricht motivierter verfolgt, als dies zum Beispiel, in dem sehr frontallastigen Unterricht der Humanbiologie der Fall ist. Positive Rückmeldungen bekam ich vor allem von den Schülern auf meine Versuche Verbindungen zwischen den verschiedenen Fächern herzustellen und auf meine Erklärungen, warum bestimmte Inhalte für sie und ihre späteren Studien wichtig sind. Hierbei hat sich herauskristallisiert, dass jene Schüler, welche erkannt haben, dass sie die Zellbiologie in ihren weiteren Studien gebrauchen können, das Fach viel motivierter verfolgt haben, als jene, die noch nicht wissen, ob sie ein Studium in den Naturwissenschaften nach Abschluss des Abiturs beginnen möchten oder ob sie sich in eine andere Richtung orientieren werden.

Das Erreichen der gesteckten Lernziele sagt zwar nicht direkt etwas über die Qualität des Curriculums aus, kann aber Hinweise darauf geben wie gut es auf die Bedürfnisse der Schüler zugeschnitten ist und besonders auch darauf, ob die Schüler während des Jahres einen Lernerfolg erlebt haben. Allgemein ist auf beiden Klassen zu bemerken, dass eine nicht geringe Anzahl der Schüler über alle Fächer hinweg unbefriedigende Noten hat. Dies wirkt sich natürlich ebenfalls auf den Lernerfolg in der Zellbiologie aus. Entweder diese Schüler haben sich bereits aufgeben oder sie haben ihre Energie nur auf die Fächer konzentriert, welche auch im Abiturexamen abgeprüft werden. In beiden Fällen können in der Zellbiologie keine guten Resultate herauskommen. In den „Conseils de Classe“ des 2. Semesters hat sich etwa gezeigt, dass von den anfänglichen 59 Schülern wohl 24

Schüler dieses Jahr das Abitur nicht oder nur mit großer Mühe erhalten werden. Dies stellt rund 40% der Schülerschaft dar und sollte unbedingt bei der folgenden Analyse mit in Betracht bezogen werden.

Um zu überprüfen ob ein Wissenszuwachs bei den Schülern erfolgt ist, habe ich die Resultate des Vor-Tests mit denen der zweiten Klassenarbeit verglichen. Auf den folgenden beiden Diagrammen kann man die Resultate betrachten.





Während die Schüler beim Vortest beim Zeichnen und Beschriften des rauen endoplasmatischen Retikulums und des Golgi-Apparats nur 31,3% der Punkte erreicht haben, so haben dies bei der zweiten Klassenarbeit 74,5% getan. Man kann hier also von einer deutlichen Steigerung sprechen. Noch größere Unterschiede findet man bei der Beschreibung der Aufgaben der verschiedenen Zellorganellen. Steigerungen von 14,0 auf 82,4% beim rauen

endoplasmatischen Retikulum und ähnliche Zuwächse bei den anderen Organellen zeigen, dass die Schüler diese nun wesentlich besser kennen. Bezieht man nun in diese Resultate mit ein, dass höchstwahrscheinlich etwa 40% der Schüler das Jahr wiederholen müssen, kann man sagen, dass jene Schüler, welche wohl ein Abitur erhalten werden, einen zufriedenstellenden Wissenszuwachs in der Zellbiologie erreicht haben.

Beim Vergleich des Vortests mit der Klassenarbeit muss man berücksichtigen, dass die Schüler beim Vortest nicht bewertet wurden und ohne spezielle Vorbereitung auf die Fragen geantwortet haben. So ist dieser Prozentsatz das Bild des Wissens, welches bei den Schülern im Langzeitgedächtnis gespeichert war. Bei der Klassenarbeit waren die Schüler auf die Fragen vorbereitet und ein Großteil des Wissens stammt wohl aus ihrem Kurz- und Mittelzeitgedächtnis. Um valide Aussagen über ihr Langzeitgedächtnis zu erhalten müssten die Schüler den Test also zu einem späteren Zeitpunkt wiederholen, was nicht möglich ist da sie dann nicht mehr im LTPS sind, sondern durch ganz Europa verteilt. Beim Vortest bin ich außerdem nicht auf die affektive Domäne eingegangen und habe nur einen begrenzten Teil der kognitiven Inhalte abgefragt. So kann man natürlich nur eine Schlussfolgerung aus den Daten ziehen, welche mir für den Vergleich zur Verfügung stehen. Nichtsdestoweniger gehe ich davon aus, dass die meisten der Schüler, welche gute Chancen haben das Abitur zu erhalten, weitere nicht mit dem Vortest vergleichbare kognitive Lernziele ebenfalls erreicht haben, da diese vom Schwierigkeitsgrad her ähnlich sind.

Zusätzlich zu den, relativ unbefriedigenden Noten in den beiden Klassenarbeiten, zeigt sich indessen auch bei der Analyse der Punkte, welche Schüler sich gut auf die Prüfung vorbereitet haben. Jene die bei einfachen Wissensfragen schlecht abgeschnitten haben, haben sich meiner Meinung nach ungenügend lange mit dem vorzubereitenden Stoff beschäftigt. Darüber hinaus sieht man, dass ein paar Schüler durchaus die schwierigste Stufe der Datenanalyse relativ gut beherrschen. Sie stellen wohl diejenigen Schüler dar, die am ehesten für ein wissenschaftliches Studium in Frage kommen, während viele andere, die eine ungenügende Note in der Zellbiologie haben, ihr Abiturjahr wahrscheinlich wiederholen müssen, da sie zum Zeitpunkt des Endes des Schuljahrs in vielen Fächern mit Misserfolgen zu kämpfen haben. Bei einem Teil dieser Schüler stellt sich die Frage, ob die SH-Sektion überhaupt die richtige Richtung für sie ist.

Die beiden Klassenarbeiten sollten dabei helfen die mögliche Erreichbarkeit der Lernziele des Curriculums zu kontrollieren. Nun sind die erreichten Resultate beider Klassenarbeiten (Durchschnitt 28,5 von 60 Punkten, 33 Ungenügende von 58) nur unbefriedigend ausgefallen. Für die Zukunft erwarte ich jedoch, dass die Resultate besser werden. Besonders zu beachten ist, dass im Schuljahr 2014/2015 die Zellbiologie gemeinsam mit der Humanbiologie, aber auch mit dem Fach „Etapes de la vie (ETAP)“ in einem Modul zusammen war (siehe S.3). So konnte die Zellbiologie also kompensiert werden. Dass die Schüler davon profitiert haben, zeigt sich wenn man sich die Resultate des ersten Semesters ansieht. Fast alle Schüler, welche in der Zellbiologie eine ungenügende Note haben, haben eine gute Note in dem anderen Fach ETAP geschrieben. Ab nächstem Schuljahr dagegen wird das Fach „ETAP“ auf 13eSH wegfallen. Da dann die Zellbiologie alleine mit der Humanbiologie in einem Modul vorhanden sein wird, gehe ich davon aus, dass die Schüler sich gezwungenermaßen besser auf die

Klassenarbeiten vorbereiten werden, um mit einer höchstmöglichen Durchschnittsnote im Modul in die Abiturexamen zu gehen.

Die Überprüfung des Erreichens der Lernziele nur auf die summative Evaluation begrenzen zu wollen ist nicht ausreichend. Besonders Lernziele, wie das Entwickeln eines Verständnisses, das Diskutieren von Auswirkungen von Entdeckungen und das Beherrschen des Umgangs mit neuen Medien lassen sich nur schwer abprüfen. So verlasse ich mich beim Urteil über das Erreichen dieser Lernziele auf meine persönlichen Eindrücke, welche ich im Verlauf des Unterrichts gewonnen habe. Hierbei kann ich sagen, dass die Schüler sicherlich in den drei Domänen Fortschritte erzielt haben. Dies kann ich damit begründen, dass die Lernenden meist Interesse für die behandelten Themen gezeigt haben. Sie haben sich aktiv am Unterricht beteiligt. So haben wir anregende Diskussionen über verschiedene biotechnologische Erfindungen und deren Auswirkungen für die Gesellschaft geführt. Auch haben sie sich selbst an den Computer gesetzt und eigenständig Informationen recherchiert und anschließend präsentiert.

Schlussendlich denke ich, dass die Schüler in den drei Domänen der Lernziele Fortschritte gemacht haben. Bei den kognitiven Lernzielen, welche leichter zu evaluieren sind, sieht man, dass manche sich mehr Wissen als andere angeeignet haben. Das Fach der Zellbiologie reiht sich hiermit in die anderen Fächer der SH-Sektion ein. Bei den Lernzielen, die schwieriger zu bewerten sind kann ich nur von meinen persönlichen Eindrücken im Unterricht berichten. Hier haben die meisten Schüler sich Mühe gegeben und haben auch aktiv am Unterricht teilgenommen. Deshalb denke ich, dass diese Ziele ebenfalls erreicht wurden. Es reicht weiterhin nicht aus sich nur auf die Eindrücke des Lehrenden und auf die Resultate der Klassenarbeiten zu beziehen. Diese können zwar auch Hinweise auf die Qualität eines Curriculums geben, zwischen dem Curriculum und den Indikatoren steht aber der eigentliche Unterricht. Dieser ist von Lehrer zu Lehrer und von Klasse zu Klasse anders. Dennoch ist der Unterricht, das Element, das die Verbindung schafft und kann nicht weggenommen werden. Dies macht die Evaluation des Curriculums einzig durch seine einmalige Erprobung unmöglich.

Ein weiterer Schritt der Bewertung und der Qualitätssicherung des Curriculums erfolgt durch die Zusammenarbeit mit anderen Lehrerkollegen. Deshalb habe ich mit den Lehrern verschiedenster Fächer der SI- und SH-Sektionen gesprochen um herauszufinden, wie ausführlich sie die Inhalte ihrer Fächer behandeln und inwiefern sie versuchen über Fächergrenzen hinweg Wissen aufzubauen. Auch habe ich mit ihnen über meine Vorstellung eines neuen Curriculums gesprochen, über Details, wie auch über wichtige Entscheidungen, wie zum Beispiel die über die Auswahl des Einstiegs über die Lernziele. Besonders viel Zusammenarbeit gab es mit den Biologielehrerkollegen des LTPS. Zum einen war es hier wichtig eine Abgleichung der Inhalte zwischen der Humanbiologe und der Zellbiologie zu erreichen. Zum anderen habe ich mit den Lehrerkollegen die verschiedenen Ziele, aber auch die Qualität meiner Arbeitsblätter zu den Unterrichtsstunden und auch anderen Ideen diskutiert. Dank dem Austausch mit dem Lehrerkollegium war es mir möglich die Inhalte in Relation mit den anderen Fächern zu setzen und so noch besser auf die Bedürfnisse der Schüler abzustimmen. Das Diskutieren über verschiedene Lehr- und Lernmethoden und das Überprüfen meiner Arbeitsblätter auf einen

logischen Aufbau und auf fachliche Korrektheit hat dazu beigetragen, dass ich die Qualität der verschiedenen Unterrichtseinheiten verbessern konnte. Dadurch hat sich sicherlich auch der Lernerfolg der Schüler gesteigert.

Während den Treffen der Arbeitsgruppe SH der CNPPS habe ich meine Arbeit zur Entwicklung eines neuen Curriculums ebenfalls vorgestellt. Während der Präsentation der einzelnen Abschnitte wurden diese bewertet indem über die Verständlichkeit gesprochen und geklärt wurde, inwieweit manche pädagogischen Theorien und Aussagen mit in das Curriculum integriert werden sollten. Bei den Inhalten habe ich, wie auch im Abschnitt 3.2.4 (siehe S.77), erklärt warum jedes einzelne Thema zu behandeln ist oder warum es ausgelassen werden kann. So haben die Treffen der Programmkomission dazu beigetragen das Curriculum auch für Außenstehende verständlicher zu gestalten und bestimmte Punkte, welche ich vielleicht als selbstverständlich angesehen habe, weiter zu definieren.

Alles in allem wurde die finale Version des Curriculums (siehe S.182) schließlich von der Arbeitsgruppe SH der CNPPS für gut empfunden und dem Verantwortlichen, beziehungsweise dem Ministerium, zur Einführung für das Schuljahr 2015/2016 übermittelt.

4. Diskussion

Ausgehend von der Notwendigkeit auf die Bedürfnisse der Schüler einer SH-Sektion zu reagieren habe ich mich in meiner Arbeit mit der Frage beschäftigt, wie ein Curriculum für das Fach der Zellbiologie auszusehen hat. Dabei war es mir wichtig das Wissen der Schüler im Bereich der Zellbiologie zu erweitern und der Frage zur Gestaltung eines propädeutischen Unterrichts nachzugehen, um die Schüler dank moderner Didaktik und Methodik ein Stück studierfähiger zu machen.

Anhand einer tiefgründigen literarischen Recherche in Büchern, wie auch im Internet, und vielen Gesprächen mit Lehrern und Experten konnte ich einiges an Wissen zur Aufstellung eines Curriculums hinzugewinnen. Damit die Zellbiologie ein zeitgemäßes Unterrichtsfach sein kann, muss sie die Ziele eines modernen Wissenschaftsunterrichts verfolgen. Dies heißt, dass das Fach die Schüler sowohl auf weiterführende Studien im Fachbereich, wie auch auf ein Lebenslanges Lernen vorbereiten muss. Damit dies geschehen kann, müssen die Inhalte in einen sinnvollen Kontext gesetzt werden. So müssen die Schüler verstehen, warum sie bestimmte Inhalte und Kompetenzen erlernen sollen. Außerdem ist es wichtig ein fächerübergreifendes Lernen zu ermöglichen, da dies wesentlich zum sinnvollen Lernen beiträgt. Modernes Lernen bedeutet ebenfalls ein aktives Lernen zu fördern und zeitgleich die Schüler auf autonomes Lernen an den Universitäten vorzubereiten. Dies betrifft nicht nur die zu benutzenden Lernmethoden, sondern auch die Art und Weise wie der Lernstoff den Schülern zur Verfügung gestellt wird. Hier spielen die vom Lehrer durchgeführte didaktische Reduktion, die Auswahl der zu behandelnden Inhalte und die Medien, mit denen der Unterricht gestaltet wird, wichtige Rollen. Schlussendlich erfordert ein zeitgemäßes Lernen auch eine Evaluation, die nicht nur abprüft, ob Wissen vorhanden ist oder nicht, sondern auch hilft, auf Wissenslücken hinzuweisen und diese auszubessern.

All diese beschriebenen Ziele habe ich versucht mit der Aufstellung und Erprobung meines Curriculums zu erreichen. Die Validität des neuen Curriculums zu kontrollieren ist allerdings keine leichte Aufgabe. Es gibt äußerst viele Faktoren, die die Lernfortschritte von Schülern beeinflussen. Außerdem ist es schwierig den Zeitpunkt einer solchen Bewertung zu bestimmen, wenn man nicht jahrelang auf eine quantitativ verlässliche Menge an Daten warten möchte. Nichtsdestoweniger denke ich, dass die statistische Validität meiner Arbeit akzeptabel ist, da ich in der Evaluation die Gesamtheit der Schüler, denen das Fach angeboten wurde, berücksichtigt habe.

Wegen einer Unzahl an Faktoren kann man also schlecht über ein Curriculum im Ganzen urteilen. Was ich jedoch mit Sicherheit behaupten kann, ist, dass die Einführung des Fachs der Zellbiologie nötig ist, um das Grundwissen in diesem Fach bei den Schülern aufzubauen, beziehungsweise, zu festigen. So habe ich den Wissenszuwachs der Schüler mit Tests belegen können. Das zweite zu erreichende Ziel, das der erweiterten Studierfähigkeit, ist allerdings sehr schwierig zu kontrollieren. Hierzu müsste man die Studienwege aller Abiturienten dokumentieren und anschließend analysieren. Dies würde den zeitlichen Rahmen meiner Arbeit sprengen.

Auch wenn die Schüler ihr Wissen und ihre Kompetenzen mit einer Stunde Zellbiologie pro Woche sicherlich nicht in einem ausgeprägt hohen Maß verbessern können, so bildet das Curriculum der Zellbiologie jedoch eine gute Basis. Da die Entwicklung der SH-Sektion noch relativ am Anfang steht, erscheint es mir als wichtig, dass nicht nur das Curriculum der Zellbiologie auf die Studierfähigkeit der Schüler hin adaptiert ist, sondern nach und nach alle Curricula auf der SH-Sektion überprüft und gegebenenfalls überarbeitet werden. Es war also wichtig dieses Curriculum aufzustellen, um einen Schritt in die richtige Richtung zu tun. In dem Sinne war es von Vorteil auf beiden Klassen Unterrichtsstunden zur Verfügung zu haben, um so genügend Erfahrungen mit der Anwendung des Curriculums zu sammeln und es recht schnell zur Einführung freizugeben.

Was die Unterrichtseinheiten selbst angeht, so habe ich verschiedene Methoden getestet. Da vor allem ein aktives Lernen Erfolge beim Erreichen der Lernziele gezeigt hat, werde ich den Großteil der Methoden langfristig übernehmen. Bei der formativen Evaluation gibt es weiterhin noch einige Probleme, welche überwunden werden müssen. Zwar ist es mir anhand formativer Tests gelungen den Wissensstand der Schüler zu überprüfen und auf Probleme hinzuweisen, jedoch war der zeitliche Rahmen zu eng, als dass die Schüler eine angemessene Remediation hätten erhalten können. Hier gilt es in Zukunft weiter Ideen auszuarbeiten und zu testen.

Daneben habe ich es bevorzugt einzelne Ausschnitte von Unterrichtseinheiten in diese Arbeit zu integrieren anstatt ein komplettes Dossier mit allen Einheiten in den Anhang zu setzen. Nach einem Jahr Erprobung ist es zu früh, um ein solches zu publizieren. Manche Teile bedürfen einer erneuten Überarbeitung und Kontrolle. Dies ist mir wichtig, damit die Qualität der Unterrichtseinheiten nicht unter dem Zeitdruck der Publikation meiner Arbeit leidet. Die Überarbeitung der Unterrichtseinheiten sollte ebenfalls kein Problem darstellen, da das Fach weiterhin nur auf den Klassen der SH-Sektion angeboten wird und ich selbst oder Lehrerkollegen des LTPS aus der Biologie die Stunden auch nächstes Schuljahr unterrichten werden und so ein Austausch von Informationen ohne Probleme stattfinden kann.

Weiterhin gibt es laut Harms et al. (16) im naturwissenschaftlichen Unterricht allgemein einen Mangel an praktischen Arbeiten. Diesen Punkt habe ich in meinem Curriculum nicht angeschnitten, da sich ein praktisches Arbeiten mit einer hohen Schüleranzahl pro Klasse und momentan nur wenigen geeigneten Räumen nicht umsetzen lässt. Da dem Fach der Zellbiologie auch nur eine Stunde pro Woche zur Verfügung steht, ist es auch aus zeitlichen Gründen, nicht für ein praktisches Arbeiten geeignet. Um dem entgegenzuwirken könnte man einen Tag der Zellbiologie organisieren. Angesichts des Besuchs des Luxembourg Centre for Systems Biomedecine, zum Beispiel, wäre es möglich den Schülern den Alltag eines Biowissenschaftlers näher zu bringen. Wegen der terminlichen Auslastung dieser Fortbildungsstätte, habe ich jedoch davon abgesehen diesen außerschulischen Besuch fest in das Curriculum zu übernehmen. Außerdem muss solch ein außerschulischer Besuch durch Vor- und Nachbereitung für die Schüler greifbar gemacht werden. Eine zukünftige Zusammenarbeit ist trotzdem anzustreben.

Als weitere Möglichkeit zu praktischen Arbeiten in der Schule besteht die Alternative ein Praktikum in einem biowissenschaftlichen Labor durchzuführen. Da die Schüler auf einer 13eSH ein zwei-wöchiges Praktikum absolvieren müssen, bietet es sich hier an Forschungszentren für sie zu finden, bei denen sie ihr Praktikum absolvieren können und dort selbst erfahren, ob der Beruf des Wissenschaftlers für sie interessant ist. Hierbei sollte der Wunsch der Luxemburger Regierung in Zukunft, den Standort Luxemburg für wissenschaftliche Labore und Betriebe weiter zu entwickeln, mehr Praktikumsplätze bieten, als das momentan möglich ist.

Schlussendlich denke ich, dass das von mir aufgestellte Curriculum in der Zellbiologie einen Schritt in die richtige Richtung darstellt. Die SH-Sektion wird damit ein Stück weiter spezialisiert und auf die Bedürfnisse aller, der Schüler, des LTPS und der Gesellschaft, angepasst. Ständige Transformationen in der Zellbiologie und in anderen Fächern bleiben aber notwendig, um die Schüler bestmöglich auf ihre Studien nach dem Abitur vorzubereiten.

5. Literaturverzeichnis

1. ROEGIERS, Xavier. *Curricula et apprentissages au primaire et au secondaire.* 1. Bruxelles : de boeck, 2011. 9782804163662.

2. DEMEUSE, Marc und STRAUVEN, Christine. *Développer un curriculum d'enseignement ou de formation - Des options politiques au pilotage.* 2. Bruxelles : de boeck, 2013. 9782804181932.

3. *LTPS: Le lycéee en chiffres*. [Online] 10. Oktober 2014. http://www.ltps.lu/index.php/centres-de-formation/le-lycee-en-chiffres.

4. *Education.lu - horaires et programmes*. [Online] [Zitat vom: 10. Oktober 2014.] http://portal.education.lu/Portals/9/Documents/grilles1415_EST.pdf.

5. SCHOCKMEL, Claudine. *Rapport de la réunion de la CNP-PS/SH*. Luxemburg : nicht publiziert, 13. November 2013.

6. *Facebook*. [Online] [Zitat vom: 21. Märs 2014.] http://www.facebook.com.

7. LENERT, Jerry. *Email (Subject: Demande vir Statistiken iwwer ancien Schüler aus dem* LTPS). Cedies - Centre de documentation et d'information sur l'enseignement supérieur, 03. 03 2014.

8. GAEDE, Lars. *Studienabbruch: Soll ich das jetzt durchziehen?* Zeit Online. [Online] Märs 2011. [Zitat vom: 19. Dezember 2014.] http://www.zeit.de/campus/2011/03/titelgeschichte.

9. Duden.de - Wörterbuch. [Online] [Zitat vom: 22. Dezember 2014.] http://www.duden.de/rechtschreibung/Propaedeutik.

10. (SCRIPT), Ministerium für Erziehung und Berufsausbildung Service de Coordination de la Recherche et de l'Innovation Pédagogiques et Technologiques. *Pisa 2006 Nationaler Bericht Luxemburg.* Luxemburg, 2007.

11. FEMO/JOT. Wort.lu - *Eine weitere Pisa-Blamage für Luxemburg*. [Online] 07. Dezember 2010. [Zitat vom: 05. Januar 2015.] http://www.wort.lu/de/lokales/eine-weitere-pisa-blamage-fuer-luxemburg-4f61c9d9e4b0860580aa8eb4.

12. VB. Wort.lu - *Pisastudie teils Verbesserungen aber immer noch unter dem OECD Durchschnitt*. [Online] 03. Dezember 2013. [Zitat vom: 05. Januar 2015.] http://www.wort.lu/de/lokales/pisa-studie-teils-verbesserungen-aber-noch-immer-unter-dem-oecd-durchschnitt-529daddee4b0ef8369d0bfc0.

13. Ministère de l'éducation nationale. *Programme, Enseignement secondaire technique, cycle inférieur et régime préparatoire, cycle inférieur, Sciences naturelles – Programme und Kompetenzorientierte Bildungsstandards*.

14. LEVIN, K. *Studienanfänger 98/99.* Hannover : HIS, 1999.

15. STAECK, Lothar. *Zeitgemäßer Biologieunterricht - Eine Didaktik für die Neue Schulbiologie.* 7. Baltmannsweiler : Schneider Verlag, 2010.

16. TENEROTH, Heinz-Elmar. *Kerncurriculum Oberstufe II - Biologie, Chemie, Physik, Geschichte, Politik - Expertisen im Auftrag der KMK.* Weinheim und Basel : Beltz, 2004. 3407253508.

17. RIEUNIER, Alain. *Préparer un cours - 2 - Les stratégies pédagogiques efficaces.* Issy-les-Moulineaux : ESF Editeur, 2001. 9782710118534.

18. FAURE, Edgar. *Learning to be: The World of Education Today and Tomorrow.* Paris : UNESCO, 1972.

19. ZARIFIAN, Philippe. *Objectif Compétence - Pour une nouvelle logique.* Liaisons, 1999.

20. ZARIFIAN, Philippe. *Le modèle de la compétence. Trajectoire historique, enjeux actuels et propositions.* : Liaisons, 2001.

21. Europäische Kommission. *New Skills for New Jobs: Action Now A report by the Expert Group on New Skills for New Jobs prepared for the European Commission.* OIB, 2010.

22. Säävälä, P. *Key Competences in Curricula. What Challenge for Assessment? 2nd International Workshop on Curriculum Innovation and Reform.* CEDEFOP. Thessaloniki : European Commission, 2011.

23. SPÖRHASE, Ulrike. *Biologie Methodik - Handbuch für die Sekundarstufe I und II.* [Hrsg.] WOLFGANG Ruppert. 1. Berlin : Cornelson, 2010. 9783589230129.

24. DOBZHANSKI, T. in: The American Biology Teacher 35, 1973, S.10-21. und DOBZHANSKI, T. The American Biology Teacher. DOBZHANSKI, *T. in: The American Biology Teacher 35, 1973.* 1973, 35, S. 10-21.

25. VDBIOL. *Rahmenplan des Verbandes Deutscher Biologen für das Schulfach Biologie. Nr 7.* Bremen : Generalsekretariat d. VD Biol, 1987. 3-926202-01-7.

26. KLAFKI, W. Schlüsselprobleme als thematische Dimensionen einer zukunftsbezogenen "Allgemeinbildung" – Zwölf Thesen. In: MÜNZINGER, W.; KLAFKI, W. (Hrsg.) Schlüsselprobleme im Unterricht. *Die Deutsche Schule. 3. Beiheft.* 1995, S. 9-15.

27. FINKE, E. *Faktoren der Entwicklung von Biologieinteressen in der Sekundarstufe I, in: R.* DUIT*/J.*MAYER *(Hrsg.), Studien zur naturwissenschaftlichen Lern- und Interessenforschung.* Kiel : IPN, 1999.

28. K.H. GEELHAAR et al. *Analyse der Ontogenese der Interessen an Biologie, insbesondere an Tieren und Pflanzen, an Humanbiologie und Natur- und Umweltschutz, in: R.* DUIT*/J.*MAYER *(Hrsg.), Studien zur naturwissenschaftlichen Lern- und Interessenforschung.* Kiel : IPN, 1999.

29. KILLERMANN, Wilhem, HIERING, Peter und STAROSTA, Bernhard. *Biologieunterricht heute - Eine moderne Fachdidaktik.* 14. Donauwörth : Auer, 2011. 9783403004287.

30. ESCHENHAGEN, Dieter, KATTMANN, Ulrich und RODI, Dieter. *Fachdidaktik Biologie.* 8. Köln : Aulis, 2008. 9783761426425.

31. National Research Council of the national academ. *Bio 2010 - Transforming undergraduate education for future research biologists.* Washington : National Academies Press, 2003. 9780309085359.

32. NEWTON, Bruch, MENNA, Jay und TANK, Patrick. *How to become an effecitve course director.* New York : Springer, 2009. 9780387849041.

33. AUDIGIER, F. *Que faire des nouvelles demandes sociales? Ou les curriculums chahutés. L'exemple des Educations à... et autres domaines de formation.* [Hrsg.] R. MALET. Bruxelles : de Boeck, 2010. Bde. Ecole, médiations et réformes curriculaires. Perspectives internationales. 9782804133276.

34. Definition und Auswahl von Schlüsselkompetenzen. [Online] OECD, 2005. [Zitat vom: 15. Januar 2015.] http://www.oecd.org/pisa/35693281.pdf.

35. *Bachelor en sciences de la vie - biologie (académique).* [Online] Université du Luxembourg. [Zitat vom: 17. Januar 2015.] http://wwwde.uni.lu/studiengaenge/fstc/bachelor_en_sciences_de_la_vie_biologie_academique.

36. Master in integrated systems biology (académique). [Online] Université du Luxembourg. [Zitat vom: 17. Januar 2015.] http://wwwde.uni.lu/studies/fstc/master_in_integrated_systems_biology_academique.

37. JÜRGENS, F. und SCHIEBER, M. *Die Beliebtheit eines integriertens Fachs "Naturwissenschaften" - Bericht aus der Praxix.* Hamburg : MNU, 2001. S. 489-491. Bd. Der mathematische und naturwissenschaftlichhe Unterricht 54 (8).

38. Verband Biologie, Biowissenschaften & Biomedizin in Deutschland . [Online] [Zitat vom: 17. Januar 2015.] http://www.vbio.de/.

39. Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. . [Online] [Zitat vom: 17. Januar 2015.] http://www.mnu.de/.

40. Project 2061. [Online] American Association of the advancement of science. [Zitat vom: 17. Januar 2015.] http://www.aaas.org/program/project2061/publications.

41. Association des Biologistes Luxembourgeois . [Online] [Zitat vom: 17. Januar 2015.] http://www.abiol.lu/.

42. FOUREZ, Gérard. *Eduquer: Enseignants, écoles, éthiques, société.* 3. Bruxelles : de boeck, 2006. 9782804150464.

43. Ministère de l'éducation nationale. Horaires et programme - Enseignement secondaire, Enseignement secondaire technique et formation professionelle. [Online] [Zitat vom: 01. 02 2015.] http://portal.education.lu/Default.aspx?alias=portal.education.lu/programmes.

44. PAQUAY, Leopolt, CRAHAY, Michel und DE KETELE, Jean-Marie. *L'analyse qualitative en éducation: des pratiques de recherche aux critères de qualité.* 1. Bruxelles : de boeck, 2006. 20841500518.

45. BLOOM, Benjamin Samuel. *Taxonomy of educational objectives.* s.l. : McKay, 1956.

46. MÖLLER, Christine. *Technik der Lehrplanung.* Weinheim : Beltz, 1973.

47. JANK, W. und MEYER, H. *Didaktische Modelle.* 11. Berlin : Cornelsen, 2002. 9783589215669.

48. CRAHAY, M. *Une école de qualité pour tous.* Bruxelles : de boeck, 1997.

49. PERRENOUD, Philippe. *Construire des compétences dès l'école.* Paris : ESF Editeur, 2011. 9782710123224.

50. PERRENOUD, Philippe. *Quand l'école prétend préparer à la vie ... - Développer des compétences ou enseigner d'autres savoirs?* Issy-les-Moulineaux : ESF Editeur, 2011. 9782710122944.

51. ROEGIERS, X. *Elaborer un curriculum en termes de compétences dans l'enseignement de base: fondements, enjeux et démarches.* Paris : Agence intergouvernementale de la Francophonie, 2003.

52. Législation luxembourgeoise. Règlement grand-ducal du 30 juillet 2011 portant institution et organisation des commissions nationales pour les programmes de l'enseignement secondaire, ainsi que du cycle inférieur, du régime préparatoire et du régime technique de l'enseignement second. [Online] http://eli.legilux.public.lu/eli/etat/leg/rgd/2011/07/30/n2.

53. MEYER, H. *Das ungelöste Deduktionsproblem in der Curriculumsforschung.* [Hrsg.] Achtenhagen. München : Kösel, 1971. S. 106-132.

54. SCHÄFER, G. *Informationstheoretische Bemerkungen zur Ableitung von Unterrichtszielen.* PdN-B 22.1 1-6, 1973.

55. MAGER, R.F. *Lernziele und programmierter Unterricht.* Weinheim : Beltz, 1974.

56. KLIENE, E. *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise.* Frankfurt am Main : Deutsches Institut für Pädagogische Forschung, 2003.

57. luxembourgeoise, Législation. Règlement grand-ducal du 23 décembre 1998 concernant le stage pédagogique des enseignants-stagiaires de l'enseignement postprimaire. [Online] http://eli.legilux.public.lu/eli/etat/leg/rgd/1998/12/23/n1.

58. DIESTERWEG, A. *Wegweiser zur Bildung deutscher Lehrer.* Essen, 1835.

59. DUIT, R. *Forschungen und Bedeutungen vorunterrichtlicher Vorstellungen für das Erlernen der Naturwissenschaften.* [Hrsg.] K. RIQUARTS. Kiel : IPN, 1992. Bd. Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland.

60. PETERßEN, Wilhelm. *Kleines Methoden-Lexikon.* 3. München : Oldenbourg, 2009. 978367009271.

61. GUZETTI, J. Promoting conceptional change in science. *Reading Research Quaterly.* 1993, 28, S. 116-159.

62. SPÖRHASE, Ulrike. *Biologie Didaktik - Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II.* [Hrsg.] WOLFGANG Ruppert. 4. Berlin : Cornelson, 2010. 9783589218592.

63. MEIRIEU, P. *L'école, mode d'emploi : Des ''méthodes actives'' à la pédagogie différenciée.* 15. Paris : ESF Editeur, 2009. 978-2710120070.

64. MEIRIEU, P. *Outils pour apprende en groupe. Apprendre en groupe?* Lyon : Chronique sociale, 1993.

65. WEBER, H.E. *Das Problem der didaktischen Reduktion im Biologieunterricht.* BU, 1976.

66. ERICH, E. und GEISSLER, J.F. Ideengeschichtlicher Beitrag zu einer wissenschaftlichen Unterrichts- und Erziehungslehre. [Buchverf.] D. FLAGMEYER und I. MORTAG. *Horizonte. Neue Wege in Lehrerbildung und Schule.* Leipzig : Leipziger Universität, 2007.

67. (SCRIPT), Ministerium für Erziehung und Berufsausbildung Service de Coordination de la Recherche et de l'Innovation Pédagogiques et Technologiques. *Pisa 2006 Nationaler Bericht Luxemburg.* Luxemburg, 2007.

68. Ministerium für Erziehung und Berufsausbildung Service de Coordination de la Recherche et de l'Innovation Pédagogiques et Technologiques (SCRIPT) und Universität Luxemburg, Forschungseinheit EMACS. *Pisa 2009 Nationaler Bericht Luxemburg.* Luxemburg, 2010.

69. Ministerium für Erziehung und Berufsausbildung Service de Coordination de la Recherche et de l'Innovation Pédagogiques et Technologiques (SCRIPT) und Universität Luxemburg, Forschungseinheit EMACS. *Pisa 2012 Nationaler Bericht Luxemburg.* Luxemburg, 2013.

70. VESTER, F. *Unsere Welt - Ein vernetztes System.* Stuttgart : Ernst Klett, 1978. 978-3423330466.

71. SENNINGER, T. *Abenteuer leiten, in Abenteuern lernen: Methodenset zur Planung und Leitung kooperativer Lerngemeinschaften für Training und Teamentwicklung in Schule, Jugendarbeit und Betrieb.* Ökotopia, 2004. 978-3931902537.

72. WAGENSCHEIN, M. *Verstehen lernen.* Weinheim/Basel : Beltz, 1973.

73. PERTERSEN, G. Das exemplarische Prinzip in der naturwissenschaftlichen Didaktik. *Pädagogische Beiträge 24.* 1972, S. 579.

74. LOOß, M. Die Lerntypentheorie - Hilfreiches Rezept oder populärer Irrtum? [Online] 12. Dezember 2009. [Zitat vom: 28. Dezember 2014.] http://www.forschung-und-lehre.de/wordpress/?p=3275.

75. ALBERTS B. et al. *Lehrbuch der molekularen Zellbiologie.* [Hrsg.] J. GRAW. 4. Weinheim : Wiley-VCH, 2012. 9783527328246.

76. CAMPBELL, Neil A. und REECE, Jane B. *Biologie - Der neue Campbell.* [Hrsg.] Anselm KRATOCHWIL, Renate SCHEIBE und Helmut WIECZOREK. 8. München : Pearson, 2009. 9783827372871.

77. PLATTNER, Helmut und HENTSCHEL, Joachim. *Zellbiologie.* 4. Stuttgart : Thieme, 2011. 9783131065148.

78. PAUL, Claus-Dieter und ROTTHUES, Alexander. *Fachwissen Biologie und Biotechnik.* 1. Haan-Gruiten : Europa-Lehrmittel, 2012. 9783808570951.

79. KIERSZENBAUM, Abraham L. *Histologie et biologie cellulaire.* [Hrsg.] Pierre VALIDIRE und Patricia VALIDIRE-CHARPY. 1. Bruxelles : de boeck, 2006. 9782804149109.

80. AMEZIANE, Nedjma, BOGARD, Marc und LAMORIL, Jérôme. *Principes de biologie moléculaire en biologie clinique.* 1. Paris : Elsevier, 2005. 9782842996857.

81. BORN, Anne, BROTT, Axel Björn und ENGELHARDT, Brigitte. *Biologie Oberstufe - Westliche Bundesländer - Gesamtband Oberstufe.* [Hrsg.] Ulrich WEBER. Berlin : Cornelsen, 2009. 978-3464171837.

82. DELVIGNE, Martine, FAWAY, Michel und MARCHESINI, Rosa-Caterina. *Bio(lux) 4-3 - Référentiel.* 1. Louvain-la-Neuve - Wommelgem : Van In, 2011. 9789030663027.

83. ARMAND, Françoise, CANTALOUVE, Marc und CHALARD, Danièle. *Sciences de la Vie et de la Terre - 1reS.* Paris : Didier, 2001. 9782278050499.

84. ARMAND, Françoise, BRÉBION, Catherine und CANTALOUVE, Marc. *Sciences de la Vie et de la Terre - Terminale S.* Paris : Didier, 2002. 9782278052042.

85. BARON, Diethard, BRAUN, Jürgen und HECTOR, Uwe. *Biologie heute SII - Erweiterte Ausgabe.* Braunschweig : Schroedel, 2013. 9783507198005.

86. LINDNER, Hermann. *Lindner Biologie - Gesamtband - Lehrbuch für die Oberstufe.* [Hrsg.] Horst BAYRHUBER, Wolfgang HAUBER und Ulrich KULL. 23. Braunschweig : Schroedel, 2013. 9783507101012.

87. *Grüne Reihe - Materialien SII - Grafiken, Aufgaben und Praktikumsseiten.* [CD-Rom] Braunschweig : Schroedel, 2004. 9783507109223.

88. *Bildatlas Biologie - Zellbiologie.* [DVD-Rom] Hallbergmoos : Aulis, 2013. 9783761428795.

89. JACOBI, Björn und PARTOVI, Sasan. *BASICS - Molekulare Zellbiologie.* 1. München : Elsevier - Urban&Fischer, 2011. 9783437426865.

90. AIMÉ-GENTY, Nicole, BUSSERAU-PLUNIAN, Françoise und DUBERTRET, Guy. *Biologie cellulaire - Problèmes corrigés.* Paris : Dunod, 1996. 9782100030774.

91. CAU, Pierre. *Exercices corrigés et commentés de Biologie cellulaire.* 5. Paris : Ellipses, 2012. 9782729870379.

92. 28e Foire de l'étuidant. [Online] [Zitat vom: 28. 10 2014.] http://foiredeletudiant.lu/.

93. Bachelor en sciences de la vie - biologie - Rahmenlehrplan Biologie cellulaire et moleculaire 1. [Online] [Zitat vom: 10. 12 2014.] http://wwwde.uni.lu/layout/set/print/formations/fstc/bachelor_en_sciences_de_la_vie_biologie_academique/programme?f=BAACASCVIE&c=0004C5628.

94. Bachelor en sciences de la vie - biologie - Rahmenlehrplan Biologie cellulaire et moleculaire 2. [Online] [Zitat vom: 10. 12 2014.] http://wwwde.uni.lu/layout/set/print/formations/fstc/bachelor_en_sciences_de_la_vie_biologie_academique/programme?f=BAACASCVIE&c=0004C8117.

95. HUANG, Cary und HUANG, Michael. The Scale of the Universe 2. [Online] [Zitat vom: 2013. 12 29.] http://htwins.net/scale2/.

96. HOWARD, Louisa und MARIN-PADILLA, Miguel. Darmouth College Electron Mircoscope Facility. *16/19: Embryonic brain 80415.* [Online] [Zitat vom: 17. 02 2015.] http://remf.dartmouth.edu/images/mammalianBrainTEM/source/16.html.

97. RUIZ, Mariana. Wikimedia Commons: Cellular tight junction. [Online] [Zitat vom: 17. 02 2015.] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cellular_tight_junction_de.png?uselang=de.

98. KClassScienceChannel. Centifugation - Seperation Methods - Physics. [Online] KClass, 01. 07 2013. [Zitat vom: 17. 02 2015.] https://www.youtube.com/watch?v=KEXWd3_fM94.

99. SOANES, Catherine. *Oxford English Dictonnary.* 6. Oxford : Oxford University Press, 2006. 978-0198614241.

100. DINTZIS, M. Howard. Assembly of the peptide chains of hemoglobin. *Proc Natl Acad Sci USA.* März 1961, Bd. 47, 3, S. 247-261.

101. MENCHE, Nicole. *Biologie, Anatomie, Physiologie.* 7. München, 2012. 9783437268021.

102. Education.lu - Portal. [Online] [Zitat vom: 02. 02 2015.] https://portal.education.lu/Applications.aspx.

103. HANSEN, Franky. Selbstevaluation und Lernfortschrittkontrolle durch E-Assessment. *Formation pédagogique des enseignants du secondaire - mémoire pédagogique.*Université du Luxembourg, 2013/2014. Promotion 15.

104. Ministère de l'éducation nationale. *Instruction ministérielle du 6 septembre 2010 concernant le bilan de l'année scolaire en classe terminale.* Luxembourg : Ministère de l'éducation nationale, 2010.

105. DEBRUX, Thomas. Formation de la journée pédagoique: Du concret à l'abstrait, ou comment aider les élèves à transcrire leurs expériences. LTPS-Siège, 20. Mai 2015.

106. PROBST, Wilfried, SCHUCHARDT, Petra und BILSING, Annelore. *Duden Basiswissen Schule. Biologie Abitur: 11. Klasse bis Abitur.* 2. Bibliographisches Institut, 2007. 978-3411046126.

107. ROEGIERS, X. *L'école et évaluation. Des situations pour évaluer.* Bruxelles : de boeck, 2010. 9782804160418.

108. Wikimedia Commons. *File:Bloom taxonomy.jpg.* [Online] [Zitat vom: 17. Januar 2015.] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bloom_taxonomy.jpg.

6. Anhang

6.1. Vortest der 13eSH zu Beginn des Schuljahres 2014/2015

Umfrage zum Thema „Zellbiologie“

Die Zellbiologie ist ein Thema der Biologie, welches du ganz sicher schon lange vor den Sommerferien oder denen davor oder denen davor… einmal im Unterricht behandelt hast. In dieser Umfrage geht es darum herauszufinden an welche Details du dich noch erinnern kannst. Mit der Auswertung dieser Umfrage wollen wir versuchen einen Unterricht zu schaffen, der Wissenslücken aufgreift und Verständnisfehler eliminiert, um dich optimal auf ein Studium vorbereiten zu können.

I. Teil 1: Persönliche Informationen

Um deinen Fortschritt im Laufe des Jahres besser dokumentieren zu können, brauchen wir ein paar Informationen von dir. Außerdem können wir anhand deiner Antworten so besser entscheiden welche Themen wichtig sind.

Klasse:	Klasse und Schule letztes Jahr:
Vorname:	Nachname:

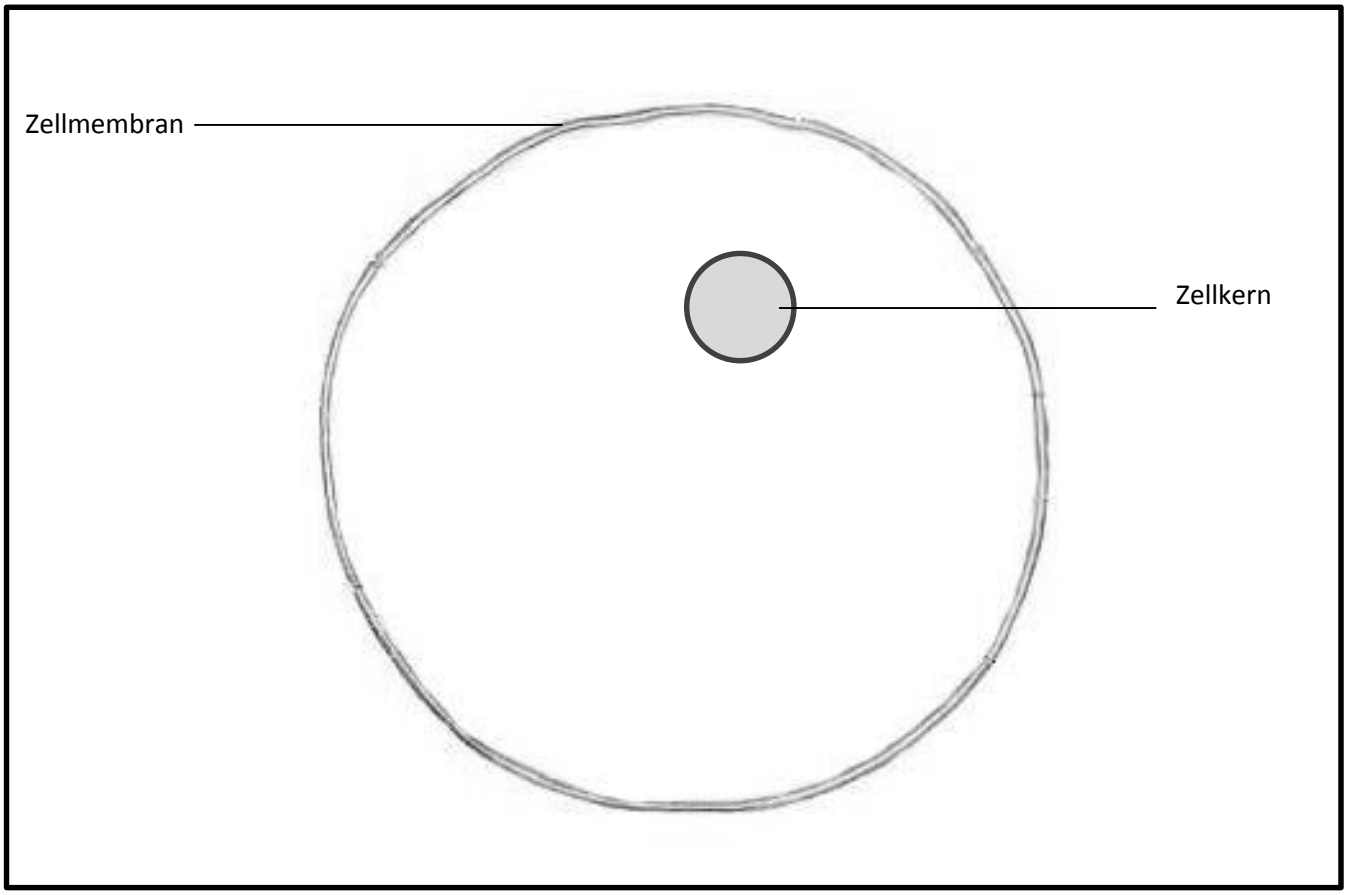
Nach dem Abitur (13e) hast du die Möglichkeit deine Ausbildung weiter im LTPS zu machen (2 bis 5 Jahre BTS, z.B. Hebamme, Technischer Assistent in der Radiologie) oder aber deine Studien woanders fortzusetzen.

Wie sieht dein Plan momentan aus? (Welches Studium, welches Land, welche Arbeit nachher?) *Bitte so präzise wie möglich sein!*	
Falls dein Plan aus irgendwelchen Gründen nicht klappen sollte, welche Alternativen hast du im Hinterkopf?	

II. Teil 2: Die Zelle

Folgende Fragen befassen sich mit der Zellbiologie.
*Versuche bitte alle Fragen **in Einzelarbeit in der Reihenfolge wie vorgegeben** zu beantworten.*

1. Zeichne alle fehlenden Strukturen einer menschlichen Zelle in dieses Schema ein und beschrifte es!



2. Energie :

a. Welche Stoffe benötigt eine menschliche Zelle, damit sie Energie produzieren kann? Zähle die Stoffe auf!

_____

_____

b. In welcher Zellstruktur, also in welcher Organelle, wandelt eine menschliche Zelle bestimmte Stoffe in die Energie um, die sie zum Leben braucht?

_____

c. Erkläre diesen Vorgang der Energieproduktion kurz so detailliert wie du kannst!

_____

_____

3. Nenne kurz die Aufgabe(n)/Funktion(en) der folgenden Zellstrukturen!

Zellstruktur (Organelle)	Aufgabe(n)/Funktion(en)
Zellmembran	
Zellkern	
Ribosom	
Lysosom	
Chloroplast	
Golgi-Apparat	
Zentriole (Mikrotubuli)	

III. Teil 3: Deine Meinung

1. Mit welchen Themen sollte man sich deiner Meinung nach in der Zellbiologie im Unterricht beschäftigen, damit der Unterricht interessant und nützlich wird?

_____

_____

_____

2. Welche Art von Hilfestellung beim Lernen erwartest du konkret von deinem Lehrer?

_____

_____

3. Welchen Stellenwert nimmt für dich das Fach Biologie und besonders die Zellbiologie im Vergleich zu allen anderen Fächern (Scmed, Sprachen, Mathematik, …) ein? Erkläre warum!

_____

_____

6.2. Auflistung zellbiologischer Module in verschiedenen Studiengängen

Studiengang	Land	Stadt (Universität)	Details zur Zellbiologie	Stunden/ ECTS
Sciences de la vie (Bachelor)	LU	Luxemburg (Uni.lu)	Erstes Jahr: Zell- und Molekularbiologie 1 Zweites Jahr: Zell- und Molekularbiologie 2	 30h 3 ECTS 30h 3 ECTS
http://wwwen.uni.lu/layout/set/print/formations/fstc/bachelor_en_sciences_de_la_vie_biologie_academique/programme?f=BAACASCVIE&c=0004C5628				
Biologie	AT	Wien	Aufnahmetest: Die Struktur von Zellen Die Meiose und geschlechtliche Fortpflanzung in Campell (76), Gymnasiale Oberstufe. Pearson Studium	
http://aufnahmeverfahren.univie.ac.at/studien/biologie/				
Biowissenschaften	DE	Heidelberg	Erstes Semester: Modul Grundvorlesung Biologie 1 (Zellbiologie, Genetik, Mikrobiologie, Evolution,…) Zweites Semester: Modul Grundvorlesung Biologie 2 (Biochemie, Molekularbiologie, Zellbiologie) Modul Grundkurs Methoden der molekularen Zellbiologie	 50h 75h 85h
http://www.uni-heidelberg.de/fakultaeten/biowissenschaften/studium/studiengang/biowissenschaften/				
Biologie	BE	Brüssel (ULB)	Erstes Jahr: Biologie général (biologie cellulaire,…) Zweites Jahr : Microbiologie Biologie moléculaire et cellulaire Biochimie métabolique et structurale	 132h 10 ECTS 48h 4 ECTS 36h 4 ECTS 60h 5 ECTS
https://www.ulb.ac.be/facs/sciences/index.html und http://banssbfr.ulb.ac.be/PROD_frFR/bzscrse.p_prog_catalog				
Psychobiologie (Bachelor)	LU	Luxemburg (Uni.lu)	Erster Jahr: Psychobiologie I: Aufbau des Nervensystems Zweites Jahr: Psychobiologie II: Einführung in die System-Neurophysiologie	 4 ECTS 4 ECTS
http://wwwen.uni.lu/formations/flshase/bachelor_en_psychologie_academique/programme2				
Psychologie	BE	Bruxelles (ULB)	Erstes Jahr: Elements de biologie cellulaire, de cytologie et d'histologie Neurobiologie et neurophysiologie	 24h 5 ECTS 24h 5 ECTS
http://www.ulb.ac.be/facs/psycho/index.html und http://banssbfr.ulb.ac.be/PROD_frFR/bzscrse.p_prog_catalog				
Pharmazie (Bachelor)	AT	Wien	Aufnahmetest, im Programm: Eukaryoten entstanden durch Endosymbiose in Duden: Basiswissen Schule – Biologie (106)	
http://aufnahmeverfahren.univie.ac.at/studien/pharmazie/				
Pharmazie	DE	Düsseldorf (HHU)	Erstes Semester: Zytologische und histologische Grundlagen der Biologie und Pharmazie Zweites Semester: Grundlagen der Biologie für Pharmazeuten Drittes Semester: Medizinische Mikrobiologie	
http://www.pharmazie.hhu.de/studium-lehre-pharmazie.html				

Pharmazie	BE	Lüttich (ULG)	Erstes Jahr: Biologie générale préparatoire aux sciences biomédicales (molécules de la vie, anatomie cellulaire, physiologie cellulaire, métabolisme cellulaire)	46h 6 ECTS
http://www.facmed.ulg.ac.be/cms/c_297312/fr/sciences-pharmaceutiques#organisation				
Medizin (Bachelor)	LU	Luxemburg (Uni.lu)	Erstes Jahr: Zell- und Molekularbiologie 1 Zweites Jahr: Zell- und Molekularbiologie 2	 30h 3 ECTS 30H 3 ECTS
http://wwwen.uni.lu/formations/fstc/bachelor_en_sciences_de_la_vie_medecine_academique/programme				
Kinésithérapie et Réadaptation (Bachelor)	BE	Brüssel (ULB)	Erstes Jahr: Biologie cellulaire et évolution du monde animal Biologie appliquée à la motricité Zweites Jahr : Neurophysiologie Histologie générale Drittes Jahr: Neurophysiologie Physiologie métabolique	 48h 4 ECTS 48h 4 ECTS 48h 4,5 ECTS 36h 3 ECTS 42h 3,5 ECTS 36h 3 ECTS
https://www.ulb.ac.be/facs/fsm/ und http://banssbfr.ulb.ac.be/PROD_frFR/bzscrse.p_prog_catalog				
Sport und Gesundheit in Prävention und Therapie (Bachelor)	DE	Köln (DSHS)	Erstes Jahr: Biowissenschaftliche Grundlagen - Bau und Funktion des Bewegungsapparats - Energetische Aspekte körperlicher Aktivität - Funktion von Kreislauf und Atmung - Kinematik und Kinetik des Muskel-Skelett-Systems	 240h 8ECTS
http://www.dshs-koeln.de/studium/studienangebot/bachelor-studiengaenge/ba-sport-und-gesundheit-in-praevention-und-therapie/				
Ergotherapie (Bachelor)	BE	Brüssel (ISEK)	Erstes Jahr: Chimie-Biologie Physiologie générale et des mouvements Zweites Jahr: Physiologie générale et des mouvements	 30h 2 ECTS 60h 5 ECTS 30h 3 ECTS
http://www.isek.be/index.php/ergotherapie/				
Ergotherapie	DE	Hamburg (FH für Gesundheit und Medizin)	Neuroanatomie/-physiologie	
http://www.medicalschool-hamburg.de/studium-bewerbung/ und http://www.medicalschool-hamburg.de/studium-bewerbung/fakultaet-gesundheit/bachelorstudiengaenge/ergotherapie/				
Sciences de la motricité, orientation générale (Bachelor)	BE	Brüssel (ULB)	Erstes Jahr: Biologie cellulaire et évolution du monde animal Biologie appliquée à la motricité Zweites Jahr : Neurophysiologie Histologie générale Drittes Jahr: Neurophysiologie Physiologie métabolique	 48h 4 ECTS 48h 4 ECTS 48h 4,5 ECTS 36h 3 ECTS 42h 3,5 ECTS 36h 3 ECTS
https://www.ulb.ac.be/facs/fsm/ und http://banssbfr.ulb.ac.be/PROD_frFR/bzscrse.p_prog_catalog				
Sport und Leistung (Bachelor) Sport und Gesundheit in Prävention und Therapie	DE	Köln (DSH)	Erstes Jahr: Biowissenschaftliche Grundlagen - Bau und Funktion des Bewegungsapparats - Energetische Aspekte körperlicher Aktivität - Funktion von Kreislauf und Atmung - Kinematik und Kinetik des Muskel-Skelett-Systems	 240h 8ECTS
http://www.dshs-koeln.de/studium/studienangebot/bachelor-studiengaenge/bsc-sport-und-leistung/				

Sportwissenschaft	DE	Saarbrücken	Biologie Grundlagen - Anatomie - Funktionelle Anatomie - Physiologie Sportmedizin - Leistungsphysiologie - Angewandte Leistungsphysiologie	
http://www.swi-uni-saarland.de/uebersicht-der-studiengaenge.php				
Zusätzliche Informationen und weitere Studiengänge findet man auf: http://www.cedies.public.lu/fr/publications/dossiers-metiers/sante-social/index.html				

6.3. Beispiel eines Unterrichtseinstiegs: Das Gummibärchen-Experiment

Aufgabe: Das Gummibärchen-Experiment

A. Material:

- 3 Gummibärchen
- 3 kleine Gläser
- Lineal
- Klarsichtfolie
- Wasser
- Salz

B. Versuchsanleitung:

1. Miss die Dimensionen (Höhe x Breite x Länge) von einem Gummibärchen.
2. Gib jedes Gummibärchen in ein Glas, fülle es mit den Stoffen aus der Tabelle auf und mische diese einmal kurz durch.
3. Deck die Gläser mit Klarsichtfolie ab und lasse sie über Nacht stehen. Beantworte Frage 1.
4. Am nächsten Morgen:
   Nimm die Bären vorsichtig aus den Gläsern, fotografiere sie (z.B. mit dem Handy), miss die Dimensionen noch einmal und trage sie in die Tabelle ein.
   Beantworte Frage 2.
5. Schick das Foto an gerard.faramelli@education.lu

C. Frage 1:
VOR dem Versuch: Welches Resultat erwartest du? Stelle eine Hypothese auf!

D. Resultate: Fülle folgende Tabelle aus!

	Glas 1	**Glas 2**	**Glas 3**
Glasinhalt	4 cm Wasser + Gummibär	1 cm Salz + 3 cm Wasser + Gummibär	Gummibär
Vor dem Versuch: (Höhe x Breite x Länge)			
Nach dem Versuch: (Höhe x Breite x Länge)			

E. Frage 2:NACH dem Versuch: Hat sich deine Hypothese bestätigt? Erkläre!

6.4. Beispiel einer Unterrichtseinheit: Herstellung der Peptidketten des Hämoglobins

Howard M. Dintzis,
Assembly of the peptide chains of hemoglobin, Proc Natl Acad Sci U S A. Mar 1961; 47(3): 247–261.

Herstellung der Peptid-Ketten des Hämoglobins

In den 1960er Jahren wusste man noch relativ wenig darüber wie die Proteinsynthese ablief. Dabei gab es zwei verschiedene Hypothesen, wie die Ribosomen die Proteine herstellen. Schau dir hierzu nebenstehendes Schema an!

Auf dem Schema, genau wie auf elektronenmikroskopischen Aufnahmen, kann man zwar die Ribosomen erkennen, jedoch keine Bewegung.

Deshalb hatte man zwei verschiedene Hypothesen aufgestellt, wie die Translation vonstattengeht:

Hypothese 1:
Ein Ribosom macht eine fortschreitende Synthese eines einzigen langen Peptids von einer Extremität aus zur anderen und bildet so eine lange Aminosäurenkette, also ein Protein.

Hypothese 2:
Mehrere Ribosomen synthetisieren jeweils ein kleines Oligopeptid (z.B. eine Aminosäurekette von 6 AS). Diese Oligopeptide werden nach der Synthese zu einer großen Aminosäurenkette zusammengesetzt, um ein Protein zu bilden.

Darüber hinaus kannte man die Richtung der Synthese (COOH → NH_2 oder NH_2 → COOH) noch nicht.

Folgende Experimente führten zur Aufklärung.

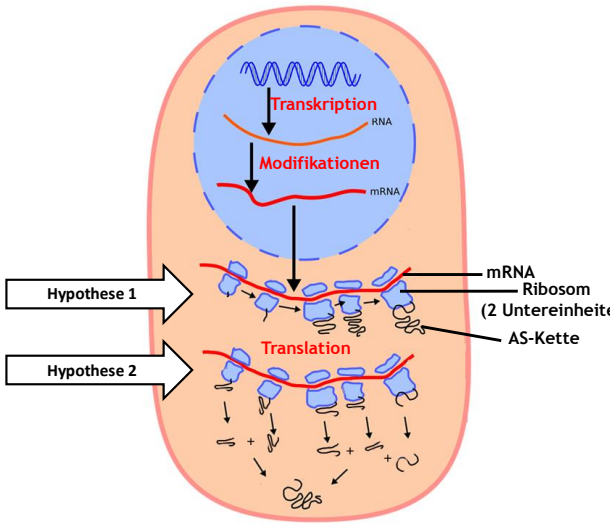


Abb.1: Wie funktioniert die Translation?

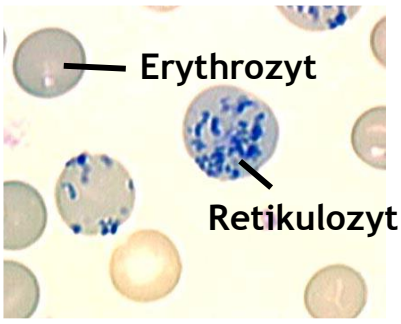


Abb.2: RNA blau gefärbt

Gewinn von Retikulozyten

Die Wissenschaftler injizierten Kaninchen regelmäßig die Substanz **Phenylhydrazin**. Diese bewirkt eine Erhöhung der Retikulozytenanzahl im Blut. (Retikulozyt: junger Erythrozyt). Anschließend wurden die Retikulozyten aus dem Blut isoliert und es wurden, bei 37°C, Zellkulturen angelegt.

Die Zellen produzierten dabei Hämoglobin in großer Menge. (90% aller von Retikulozyten produzierten Proteine sind Hämoglobin.)

Frage 1: Wie sieht die Quaternär-Struktur des Hämoglobins aus?
Schaue in dein Buch: 12.2.2 Das Hämoglobin!

Beim erwachsenen Menschen: 97% HbA_1 → 2 alpha-Ketten, 2 beta-Ketten + Häm

Frage 2: Warum benutzt man Retikulozyten und keine reifen Erythrozyten für das Experiment? Vergleiche mit Hilfe der Abb.2 Erythrozyt und Retikulozyt!

Die Retikulozyten produzieren zu 90% das Protein, das man isolieren möchte
Reife Erythrozyten können keine Proteinsynthese mehr durchführen
→ Keine RNA mehr vorhanden

^{3}H Markierung

Um den Zellstoffwechsel zu verlangsamen, wurde die Temperatur der Kulturen auf 15°C herabgekühlt: So dauert es ca. 120 Minuten bis die fast 150-AS lange Kette des alpha-Hämoglobins vollständig hergestellt wird.

Zur Startzeit (T_0), wurden radioaktive, mit Tritium (^{3}H) markierte, Aminosäuren zu den Kulturen hinzugegeben.

Proben der Kulturen wurden nach jeweils 0, 4, 7, 8, 16 und 60 Minuten (T_0, T_4,…) entnommen.

Bei diesen Proben wurden dann die alpha-Ketten des Hämoglobins, das sich im Zellplasma der Retikulozyten befand, isoliert und weiter analysiert.

Frage 3: Waren alle alpha-Ketten die man aus den Retikulozyten extrahiert hat radioaktiv? Begründe!

Es werden nur die Ketten radioaktiv sein, die während der Inkubationszeit mit den 3H markierten AS hergestellt wurden.

Frage 4a: Hypothese 1 (Fortschreitenden Synthese):
Im untenstehenden Schema findest du drei AS-Ketten unterschiedlicher Länge. Markiere die AS (→AS*) welche nach 4 Minuten radioaktiv sein werden! (150 AS: nach 2h alle radioaktiv, 4 min → 5 AS radioaktiv)

T_4:

AS-AS-AS*-AS*-AS*-AS*-AS*

AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS*-AS*-AS*-AS*-AS*

AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS-AS*-AS*-AS*-AS*-AS*

Begründung: Da sofort ein ganzes Protein hergestellt wird, können **nur die AS markiert** sein, **die, als letzte**, am Ende der Kette eingebaut wurden.

Frage 4b: Im Falle der Hypothese 2 (Simultane Synthese von Oligopeptiden)
Markiere, wie bei 4a, ebenfalls die AS (AS*) welche radioaktiv sein werden!
(Als Beispiel: Es werden jeweils Oligopeptide mit 6 AS hergestellt)

T_4:

AS-AS-AS*-AS*-AS*-AS*-AS*

AS*-AS*-AS*-AS*-AS*-AS-AS*-AS*-AS*-AS*-AS*-AS-AS*-AS*-AS*-AS*-AS*

AS*-AS*-AS*-AS*-AS*-AS-AS*-AS*-AS*-AS*-AS*-AS-AS*-AS*-AS*-AS*-AS*-AS-AS*-AS*-AS*-AS*-AS*

Begründung: Da das Protein aus mehreren Ketten gefertigt wird, die gleichzeitig hergestellt werden, werden, enthält die **ganze** Kette radioaktiv markierte Abschnitte.

Enzymatische Spaltung durch Trypsin

Bei jeder Probe (T_0, T_4, T_7, T_8, T_{16} und T_{60}) werden die Retikulozyten im Anschluss der Entnahme in einer Puffer-Lösung zerkleinert und dieses Homogenat wird bei 150.000 G zentrifugiert. So können die alpha-Ketten in der flüssigen Phase isoliert werden.

Anschließend werden die alpha-Ketten zusammen mit dem Enzym Trypsin inkubiert. Dieses Enzym spaltet die Ketten an bestimmten Stellen auf (nach den AS Lysin und Arginin). Die verschiedenen gespaltenen Peptid-Ketten werden danach, zuerst per Chromatographie und dann per Elektrophorese voneinander getrennt.

Sobald die Elektrophorese beendet ist, werden die Peptide durch Färbung sichtbar gemacht. (Alle Proteine werden gefärbt, ob sie markierte AS enthalten oder nicht spielt hierbei keine Rolle). Bei jeder Probe werden verschiedene Ansammlungen sichtbar, 31 insgesamt.
15 davon erscheinen bei jeder Probe:

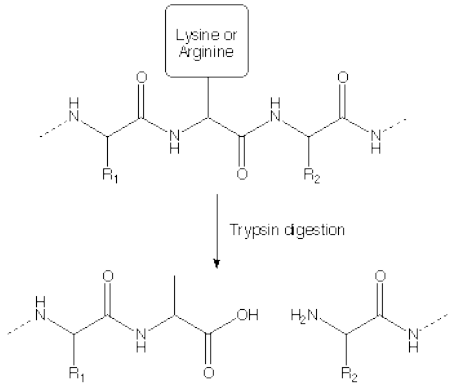


Abb.3: Spaltung durch Trypsin

Chromatographie:
Auftrennung eines Stoffgemisches durch unterschiedlichen Zurückhalt einzelner Bestandteile bei der Migration
Hier: Trennung der Peptide durch ihre Größe/Volumen/Dichte

Elektrophorese:
Wanderung geladener Teilchen durch ein

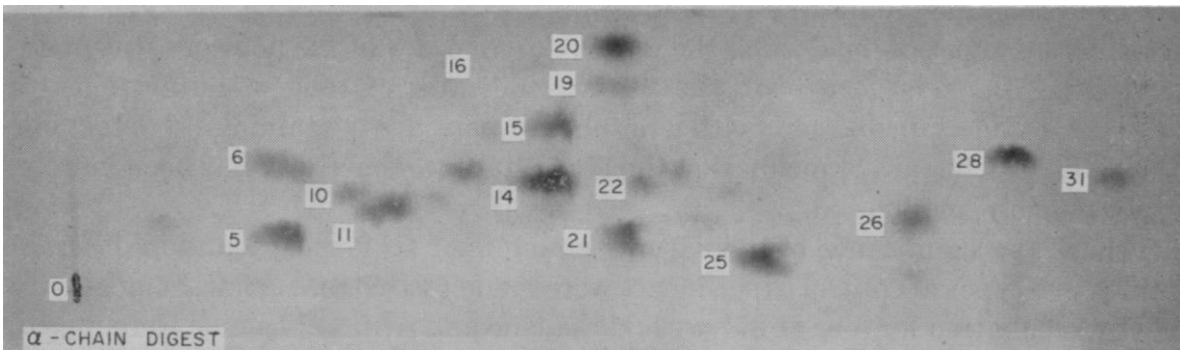


Abb.4: Resultat nach Chromatographie und Elektrophorese

Frage 5: Aus was bestehen die 15 gleichen Ansammlungen, die bei jeder Probe auftauchen?

Die 15 gleichen Ansammlungen stellen 15 verschiedene Peptide dar, die jedes Mal durch die Spaltung der alpha-Kette durch das Enzym Trypsin hervorgegangen sind.

Messung der Radioaktivität der einzelnen Peptide

Für jedes Peptid erstellt man ein Diagramm. Die Menge der eingelagerten Radioaktivität und der Zeitpunkt der maximalen Einlagerung sind für jedes Peptid spezifisch. Damit das Diagramm aussagekräftige Werte aufzeigen kann, werden die radioaktiven Peptid-Werte in Relation mit einem Test-Wert gebracht:

- Kultur mit markierten-^{14}C AS während 24 Stunden
- Dieser Wert stellt die maximale erreichbare Radioaktivität (1,0) für einen Peptiden dar.

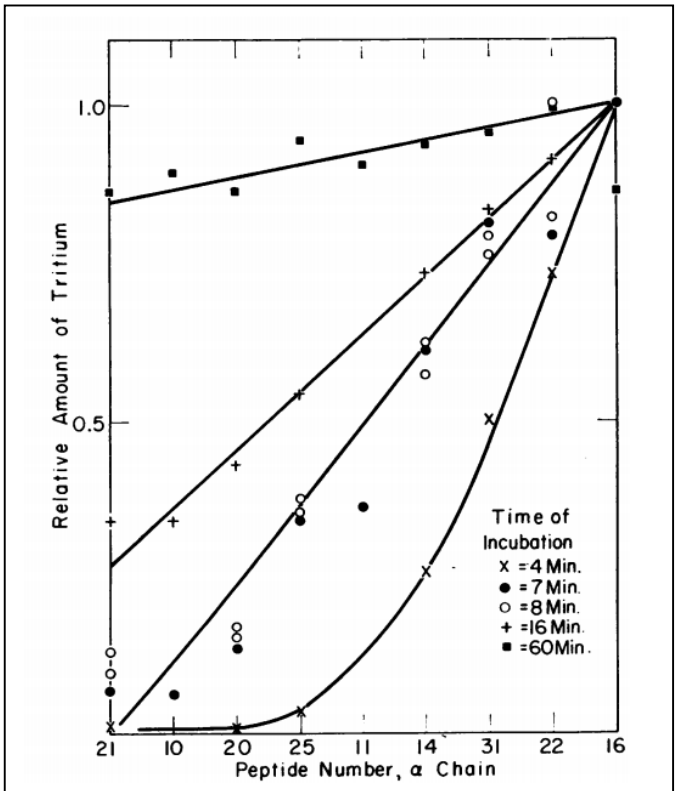


Abb.5: Messresultate

Frage 6: Welche Eigenschaft eines Peptids bestimmt seinen maximalen Radioaktivitätswert (1,0)?
Der maximale Radioaktivitätswert, den ein Peptid erreichen kann hängt von der Anzahl der AS ab, die in dem jeweiligen Peptid vorhanden sind. Sind alle AS aller gleichen Peptide markiert, so ist der Wert 1,0.

Frage 7: Was kann man feststellen, wenn man sich die Werte bei T_4 (jeweils die „x" Markierung in der Abb.5 für die verschiedenen Peptide) anschaut?

Der Wert der Radioaktivität der verschiedenen Peptide ist sehr verschieden.

Frage 8: Was kann man feststellen, wenn man sich die Werte bei jedem Peptid (außer Peptid 16) zu verschiedenen Zeitpunkten (alle Markierungen in der Vertikale in der Abb.5) anschaut?

Der Wert der Radioaktivität der verschiedenen Peptide steigt nach und nach an.

Frage 8: Schau dir deine Antworten bei der Frage 4a+4b noch einmal an.
Welche Hypothese (fortschreitende oder simultane Proteinsynthese) kannst du anhand der Messresultate bestätigen?

Da die Werte **langsam ansteigen**, muss die **Hypothese 1** die richtige sein.

Frage 10: Warum erreicht der Peptid 16 bereits seine maximale Radioaktivität bei T_4, wenn der Peptid 21 noch fast überhaupt nicht markiert ist?

Es befinden sich fast gar keine Peptide 16, die nicht markiert wurden, in den Kulturen und so sind, relativ gesehen, fast nur markierte Peptiden vorhanden (Wert sehr nah an 1,0).

Im Gegensatz dazu befinden sich viele Peptide 21, die nicht markiert wurden, in den Kulturen. So sind relativ gesehen fast nur nicht markierte Peptide vorhanden (Wert weit weg von 1,0).

Frage 11: Wo befinden sich die verschiedenen Peptide in der alpha-Kette? Stelle eine Reihenfolge auf!

Die alpha-Ketten befinden sich in verschiedenen Stadien der Fertigung und jeweils nur die Enden der Ketten werden markiert. Da fast alle Peptide 16 sofort markiert wurden muss Peptid 16 sich ganz am Ende der 150-AS-langen alpha-Kette befinden.

Bis relativ gesehen fast alle Peptide 21 markiert sind, dauert es am längsten. Also muss sich Peptid 21 ganz am Anfang der alpha-Kette befinden. Die Markierung von Peptid 21 fängt erst mit der Synthese einer ganz neuen alpha-Kette an. Dies geschieht zwar auch sofort ab T_0, aber nur sehr wenige Peptide 21 werden bei T_4 markiert worden sein in Relation zu denen, die es nicht sind. Diese nicht markierten Peptide waren schon hergestellt worden, ehe die radioaktiven AS zu den Kulturen gegeben worden sind.

Die Reihenfolge muss also lauten: 21, dann 10, 20 25, 11, 14, 31, 22 und am Schluss 16.

Enzymatische Spaltung durch Carboxypeptidase

Um die Richtung der Proteinsynthese herauszufinden, wird eine Probe der alpha-Ketten mit der Carboxypeptidase behandelt. Dieses Enzym spaltet ca. 12 AS vom COOH-Ende eines Peptiden ab.

Eine enzymatische Spaltung durch das Trypsin wird anschließend durchgeführt.

Anschließend erfolgt wieder eine Trennung der Peptide durch Chromatographie + Elektrophorese.

Resultat: Peptid 16 ist der einzige dessen Länge sich verändert hat.

Frage 12: In welche Richtung geht die Proteinsynthese?

Peptid 16 wird durch die Carboxypeptidase verändert. Er enthält also die –COOH Extremität.
Da er als erster vollständig markiert wurde steht er zum Schluss der Synthese.
Die Richtung der Proteinsynthese muss also NH_2→COOH sein.

6.5. Beispiel einer Unterrichtseinheit: Gruppenarbeit Skelettmuskulatur

6.5.1. Aufgabenblatt

Gruppenarbeit: Aufbau und Funktion der Skelettmuskulatur

1. Woche

1. Geht auf www.educloud.lu (Net Folders/Classes/LTPS 13SH1 14-15/Handouts/BIOCE) und ladet euch das Word-Dokument zu eurem Thema herunter!
2. Speichert das Dokument in dem Verzeichnis „Home (Z:)" ab!
3. Benutzt euer Buch und das Internet, um Informationen zu eurem Thema zu recherchieren!
4. Schreibt die Antworten in das Word-Dokument. Vergesst nicht die Quellen anzugeben!
5. Erstellt eine PowerPoint nach folgenden Angaben:
    a. 2-3 Slides maximum!
       (Keine Intro, keine Danksagung, keine Formatierung nötig)
    b. Gebt die Antworten auf die gestellten Fragen indem ihr nur Stichwörter und Bilder benutzt!
6. Ladet die beiden fertigen Dokumente auf www.educloud.lu hoch (Net Folders/Classes/LTPS 13SH1 14-15/Turn-in/„DeinIAM")!

2. Woche

1. Präsentiert kurz (5 Minuten) eure gefundenen Antworten vor der Klasse!
2. Hört den anderen Gruppen aufmerksam zu. Auch ihre Themen sind wichtig!

Klassenarbeit

Die von eurer und den anderen Gruppen gefundenen Antworten werden euch am Ende der 2. Woche zusammengefasst ausgeteilt.

Diese Informationen sind für die Klassenarbeit zu lernen.

6.5.2. Arbeitsblätter Themen 1-7

Thema 1: Aufbau des Skelettmuskels

Gruppenmitglieder: Vornamen und Nachnamen

Bemerkungen:

- Vorheriges Thema: Dies ist das erste Thema.
- Nachfolgendes Thema: Aufbau und Funktion von Myosin und Aktin
- Zu beachten bei diesem Thema:
  Euer Thema stellt die Einleitung dar. Es geht darum eine allgemeine Übersicht über alle Strukturen zu bekommen, welche man auf den verschiedenen Ebenen (Organe, Gewebe, Zellen, Moleküle und Atome) des Bewegungsapparats findet.

Bearbeitet folgende Aufgaben:

1. Beschreibt den Aufbau eines Skelettmuskels von seiner makroskopischen Ansicht bis hin zur Myofibrille (inklusive)!
   - Wenn ihr viele Schemas benutzt, wird das Verstehen sehr viel leichter!
   - Mindestens folgende Ebenen müssen beschrieben werden:
     - Muskel
     - Muskelfaserbündel
     - Muskelfaser
     - Myofibrille

   Antwort:

   Text (<100 Wörter) und Schemas

   Quellen:
   1. http://
   2. http://

2. Beschreibt den Aufbau eines Sarkomers!
   - Welche Strukturen findet man in einem Sarkomer?
   - Sucht ein Schema, welches alle wichtigen Strukturen zeigt!

   Antwort:

   Text (<100 Wörter) und Schema

   Quellen:
   1. http://
   2. http://

3. Erstellt eine PowerPoint Präsentation, in der ihr kurz eure gefunden Antworten zeigt!
   - Nur Stichwörter
   - Schemas verwenden
   - Keine Formatierung notwendig
   - Dateiname: Thema1.pptx

4. Ladet die beiden fertigen Dokumente auf www.educloud.lu hoch (Net Folders/Classes /LTPS/ 13SH1 14-15/Turn-in/„DeinIAM“)!

Thema 2: Aufbau und Funktion von Myosin und Aktin

Gruppenmitglieder: Vornamen und Nachnamen

Bemerkungen:

- Vorheriges Thema: Aufbau des Skelettmuskels bis zum Sarkomer
- Nachfolgendes Thema: Motorische Endplatte (Signalübertragung)
- Zu beachten bei diesem Thema:
  Euer Thema gehört zur Einleitung. Es geht darum den molekularen Aufbau von zwei, für die Muskelkontraktion, sehr wichtigen Molekülen zu erklären.

Bearbeitet folgende Aufgaben:

1. Beschreibt den Aufbau eines Myosin-Moleküls des Typs „II“ (kommt in Muskelzellen vor)!
   - Wenn ihr ein paar Schemas benutzt, wird das Verstehen sehr viel leichter!
   - Beschreibt in welche Abschnitte man ein Myosin-Molekül aufteilen kann!
   - Was sind die Funktionen der jeweiligen Abschnitte?

   Antwort:

   Text (<100 Wörter) und Schemas

   Quellen:
   1. http://
   2. http://
   3. http://

2. Beschreibt den Aufbau eines Aktin-Moleküls des Typs „α“ (alpha)!
   - Wenn ihr ein paar Schemas benutzt, wird das Verstehen sehr viel leichter!
   - Beschreibt den Unterschied zwischen G-Aktin und F-Aktin!

   Antwort:

   Text (<100 Wörter) und Schema

   Quellen:
   1. http://
   2. http://
   3. http://

3. Erstellt eine PowerPoint Präsentation, in der ihr kurz eure gefunden Antworten zeigt!
   - Nur Stichwörter
   - Schemas verwenden
   - Keine Formatierung notwendig
   - Dateiname: Thema2.pptx

4. Ladet die beiden fertigen Dokumente auf www.educloud.lu hoch (Net Folders/Classes /LTPS/ 13SH1 14-15/Turn-in/„DeinIAM“)!

Thema 3: Motorische Endplatte

Gruppenmitglieder: Vornamen und Nachnamen

Bemerkungen:

- Vorheriges Thema: Aufbau und Funktion von Myosin und Aktin
- Nachfolgendes Thema: T-Tubuli und sarkoplasmatisches Retikulum
- Zu beachten bei diesem Thema:
  In eurem Thema geht es darum die Verbindung zwischen Nervensystem und Erfolgsorgan zu beschreiben. Geht davon aus, dass die Schüler schon wissen, wie ein Signal bis zur motorischen Endplatte gelangt.

Bearbeitet folgende Aufgaben:

1. Sucht ein Schema der Funktionsweise einer chemischen Synapse!
   - Ein Text ist nicht nötig. Dies wurde schon im Unterricht behandelt.

   Antwort:

   Schema

   Quellen:
   1. http://

2. Beschreibt die Unterschiede zwischen einer „normalen“ Synapse zwischen zwei Neuronen und einer motorischen Endplatte!
   - Sucht ein Schema einer motorischen Endplatte!
   - Beschreibt, welche Strukturen gleich sind und welche unterschiedlich!
   - Findet den Neurotransmitter der motorischen Endplatten!

   Antwort:

   Text (<200 Wörter) und Schema

3. Recherchiert die Funktionsweise des Botulinumtoxins!
   - Welches Lebewesen stellt dieses Toxin her?
   - Wofür kann man dieses Toxin verwenden?
   - Wie wirkt das Toxin an der motorischen Endplatte?

   Antwort:

   Text (<100 Wörter) und Schema

4. Erstellt eine PowerPoint Präsentation, in der ihr kurz eure gefunden Antworten zeigt!
   - Nur Stichwörter
   - Schemas verwenden
   - Keine Formatierung notwendig
   - Dateiname: Thema3.pptx

5. Ladet die beiden fertigen Dokumente auf www.educloud.lu hoch (Net Folders/Classes /LTPS/ 13SH1 14-15/Turn-in/„DeinIAM“)!

Thema 4: T-Tubuli und Sarkoplasmatisches Retikulum

Gruppenmitglieder: Vornamen und Nachnamen

Bemerkungen:

- Vorheriges Thema: Motorische Endplatte (Signalübertragung)
- Nachfolgendes Thema: Elektromechanische Kopplung (Deblockade von Aktin und Myosin)
- Zu beachten bei diesem Thema:
  In eurem Thema kommen Strukturen vor, die eure Mitschüler wahrscheinlich noch nicht kennen. Es ist wichtig diese klar zu definieren, damit das Thema verständlich wird.

Bearbeitet folgende Aufgaben:

1. Findet die Aufgaben der zwei Zellstrukturen (T-Tubuli und sarkoplasmatisches Retikulum)!
   - Wenn ihr ein paar Schemas benutzt, wird das Verstehen sehr viel leichter!
   - Beschreibt mit welchen „normalen“ Organellen man diese zwei speziellen Zellstrukturen vergleichen kann!
   - Beschreibt, welche Mechanismen durch diese beiden Zellstrukturen bei einem Aktionspotenzial ablaufen!

   Antwort:

   Text (<200 Wörter) und Schemas

   Quellen:
   1. http://
   2. http://
   3. http://

2. Erstellt eine PowerPoint Präsentation, in der ihr kurz eure gefunden Antworten zeigt!
   - Nur Stichwörter
   - Schemas verwenden
   - Keine Formatierung notwendig
   - Dateiname: Thema4.pptx

3. Ladet die beiden fertigen Dokumente auf www.educloud.lu hoch (Net Folders/Classes /LTPS/ 13SH1 14-15/Turn-in/„DeinIAM“)!

Thema 5: Elektromechanische Kopplung

Gruppenmitglieder: Vornamen und Nachnamen

Bemerkungen:

- Vorheriges Thema: Funktionen von T-Tubuli und sarkoplasmatischem Retikulum
- Nachfolgendes Thema: Querbrückenzyklus und Gleitfilamenttheorie
- Zu beachten bei diesem Thema:
  In eurem Thema kommen Strukturen vor, die eure Mitschüler wahrscheinlich noch nicht kennen. Es ist wichtig diese klar zu definieren, damit das Thema verständlich wird.

Bearbeitet folgende Aufgaben:

1. Beschreibt den Aufbau von Troponin!
   - Wenn ihr ein paar Schemas benutzt, wird das Verstehen sehr viel leichter!
   - Beschreibt aus welchen Untereinheiten Troponin zusammengesetzt ist!
   - Beschreibt die Aufgaben der verschiedenen Untereinheiten!

   Antwort:

   Text (<100 Wörter) und Schemas

   Quellen:
   1. http://
   2. http://
   3. http://

2. Beschreibt den Ablauf der elektromechanischen Kopplung!
   - Beschreibt was passiert wenn Ca^{2+}-Ionen ins Zellplasma gelangen!
   - Welchen Einfluss hat dies auf die Kontaktstelle zwischen Aktin und Myosin?

   Antwort:

   Text (<100 Wörter) und Schemas

   Quellen:
   1. http://
   2. http://
   3. http://

3. Erstellt eine PowerPoint Präsentation, in der ihr kurz eure gefunden Antworten zeigt!
   - Nur Stichwörter
   - Schemas verwenden
   - Keine Formatierung notwendig
   - Dateiname: Thema5.pptx

4. Ladet die beiden fertigen Dokumente auf www.educloud.lu hoch (Net Folders/Classes /LTPS/ 13SH1 14-15/Turn-in/„DeinIAM“)!

Thema 6: Querbrückenzyklus

Gruppenmitglieder: Vornamen und Nachnamen

Bemerkungen:

- Vorheriges Thema:
  Elektromechanische Kopplung, Deblockade von Aktin und Myosin durch Ca^{2+}-Einstrom
- Nachfolgendes Thema: Entfernung von Ca^{2+} aus den Sarkolemm
- Zu beachten bei diesem Thema:
  In eurem Thema kommt ein biochemischer Prozess vor. Um ihn besser zu verstehen solltet ihr euch, neben Text und Schemas, auch Videos anschauen. Da eure Mitschüler diesen Zyklus wahrscheinlich noch nicht kennen, ist es wichtig die einzelnen Etappen klar zu strukturieren damit das Thema verständlich wird.

Bearbeitet folgende Aufgaben:

1. Beschreibt den Ablauf des Querbrückenzyklus!
   - Wenn ihr ein paar Schemas benutzt, wird das Verstehen sehr viel leichter!
   - Beschreibt die einzelnen Etappen, wie der Zyklus abläuft!
     Gebt bei jeder Etappe an:
     - ob Aktin an Myosin gebunden ist!
     - welche Stoffe (ATP, ADP, Pi, Ca) eine Rolle spielen!
   - Sucht ein Video das nicht länger als eine Minute dauert, welches ihr der Klasse, anschließend an eure Erklärung, zeigen könnt!

   Antwort:

   Text (<200 Wörter), Schemas und Link zum Video

   Quellen:
   1. http://
   2. http://
   3. http://

2. Erstellt eine PowerPoint Präsentation, in der ihr kurz eure gefunden Antworten zeigt!
   - Nur Stichwörter
   - Schemas verwenden
   - Keine Formatierung notwendig
   - Dateiname: Thema6.pptx

3. Ladet die beiden fertigen Dokumente auf www.educloud.lu hoch (Net Folders/Classes /LTPS/ 13SH1 14-15/Turn-in/„DeinIAM“)!

Thema 7: Abschluss der Kontraktion

Gruppenmitglieder: Vornamen und Nachnamen

Bemerkungen:

- Vorheriges Thema:
  Ablauf des Querbrückenzyklus
- Nachfolgendes Thema: Euer Thema schließt die Arbeit ab.
- Zu beachten bei diesem Thema: Um euer Thema zu verstehen, müsst ihr kurz den Ablauf des Querbrückenzyklus und auch die Elektromechanische Kopplung nachschlagen. Verliert nicht zu viel Zeit hierbei, macht es trotzdem, da ihr sonst nicht versteht wo euer Thema beginnt.

Bearbeitet folgende Aufgaben:

1. Euer Thema schließt sich an den Querbrückenzyklus an. Ca^{2+}-Ionen sind nötig, damit dieser Zyklus ablaufen und es zur Muskelkontraktion kommen kann.
   Damit der Muskel sich wieder entspannt, müssen Ca^{2+}-Ionen aus dem Zellplasma befördert werden!
   - Beschreibt zwei Mechanismen, welche Ca^{2+}-Ionen aus dem Zellplasma befördern!
   - Wenn ihr ein paar Schemas benutzt, wird das Verstehen sehr viel leichter!

   Antwort:

   Text (<100 Wörter) und Schemas

   Quellen:
   1. http://
   2. http://

2. Ein Wadenkrampf ist eine nicht willkürlich herbeigeführte, starke, andauernde Muskelkontraktion
   - Beschreibt wodurch ein Wadenkrampf ausgelöst wird!
   - Beschreibt wie man Wadenkrämpfe vermeiden kann!
   - Wenn ihr ein paar Schemas benutzt, wird das Verstehen sehr viel leichter!

   Antwort:

   Text (<100 Wörter) und Schemas

   Quellen:
   1. http://www.msg-hannover.de/krampf.htm
   2. http://

3. Erstellt eine PowerPoint Präsentation, in der ihr kurz eure gefunden Antworten zeigt!
   - Nur Stichwörter
   - Schemas verwenden
   - Keine Formatierung notwendig
   - Dateiname: Thema7.pptx

4. Ladet die beiden fertigen Dokumente auf www.educloud.lu hoch (Net Folders/Classes /LTPS/ 13SH1 14-15/Turn-in/„DeinIAM“)!

6.5.3. Beispiel einer Schülerarbeit

Thema 1: Aufbau des Skelettmuskels

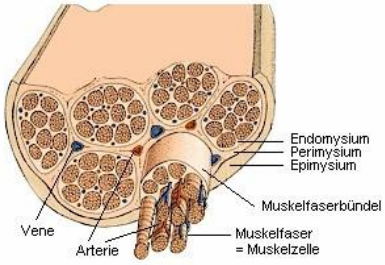
Gruppenmitglieder: Schüler 1 und Schüler 2

Bemerkungen:

- Vorheriges Thema: Dies ist das erste Thema.
- Nachfolgendes Thema: Aufbau und Funktion von Myosin und Aktin
- Zu beachten bei diesem Thema:
  Euer Thema stellt die Einleitung dar. Es geht darum eine allgemeine Übersicht über alle Strukturen zu bekommen, welche man auf den verschiedenen Ebenen (Organe, Gewebe, Zellen, Moleküle und Atome) des Bewegungsapparats findet.

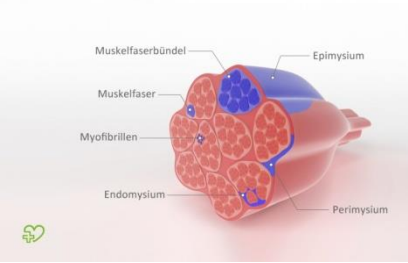
Bearbeitet folgende Aufgaben:

1. Beschreibt den Aufbau eines Skelettmuskels von seiner makroskopischen Ansicht bis hin zur Myofibrille (inklusive)!
   - Wenn ihr viele Schemas benutzt, wird das Verstehen sehr viel leichter!
   - Mindestens folgende Ebenen müssen beschrieben werden:
     - Muskel
     - Muskelfaserbündel
     - Muskelfaser
     - Myofibrille



Antwort:

Der wichtigste Baustein sind die quergestreiften Muskelfasern. Sie ist eine vielkernige Zelle, die bis zu 15cm lang und ca. 1mm dick werden kann und daher oft mit dem bloßen Auge sichtbar. Jede Muskelfaser ist von einer bindegewebigen Hülle, dem **Endomysium** umgeben. Mehrere Muskelfasern sind durch stärkere Bindegewebssepten, dem **Perimysium** zu Muskelfaserbündeln zusammengefasst. Jeder Muskel, der aus vielen Muskelfaserbündeln besteht, ist zusätzlich noch von einer äußeren Bindegewebshülle, dem **Epimysium**,umgeben.



Epimysium und eine weiter außen liegende **Muskelfaszie** (Muskelhülle) sorgen dafür, dass der Muskel seine anatomische Form behält.

Quellen:

1.https://www.google.lu/search?q=aufbau+der+skelettmuskulatur&biw=1440&bih=761&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=IyD4VImPKIL6UvmlgegL&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAQ#imgdii=_&imgrc=d5kKtnl11onT0M%253A%3BOUqFq6_2p6y1uM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.medizinfo.de%252Fruecken%252Fimages%252Fmuskelaufbau.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.medizinfo.de%252Fruecken%252Fmuskulatur%252Faufbau.shtml%3B317%3B212

2.https://www.google.lu/search?q=aufbau+der+skelettmuskulatur%3B+sehne,+Gruppenfaszie+Muskellogen&biw=1440&bih=761&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=nyH4VOTOEoG3UeHngIgL&ved=0CAYQ_AUoAQ#tbm=isch&q=aufbau+der+skelettmuskulatur&imgdii=bxyHG9lM8

nnCMM%3A%3B_VkkV_t-YcBCsM%3BbxyHG9lM8nnCMM%3A&imgrc=bxyHG9lM8nnCMM%253A%3B9gwNouLpB4sfzM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.bernd-stumpp.de%252Fwp-content%252Fuploads%252F2014%252F09%252Fmuskelfaserbuendel_gross.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.bernd-stumpp.de%252Fskelettmuskulatur-aufbau%252F%3B1000%3B750
3. http://www.physioboard.at/gleichgewichtssinn/gleichgewichtssinn-muskel.htm

4. http:// www.delapsychologie.com/article-la-motricite-comment-a-se-passe-quand-nous-bougeons-51469043.html

5. Biologie Buch

2. Beschreibt den Aufbau eines Sarkomers!

- Welche Strukturen findet man in einem Sarkomer?
- Sucht ein Schema, welches alle wichtigen Strukturen zeigt!

Antwort:

Die Muskelfaser ist von einer Zellmembran umgeben, die hier **Sarkolemm** heißt. Diese bildet quere Einstülpungen, die **T-Tubuli**.

Das Zytoplasma von den Muskelfasern nennt man **Sakroplasma.** In diesem befinden sich neben zahlreichen Zellkernen auch viele **Mitochondrien**.

Die Myofibrillen, sind die Grundlage der Kontraktionsfähigkeit. Sie durchziehen die Muskelfasern parallel in Längsrichtung. Jede Myofibrille ist von feinen längs verlaufenden Röhrchensystemen umschlossen, den **L-Tubuli.** Das netzförmige Bild entsteht mit den quer angeordneten **Terminalzisternen**. Die Röhrchen sind eine Sonderform des glatten endoplasmatischen Retikulums, hier entsprechend als **sakroplasmatisches Retikulum** bezeichnet. Sie dienen als Kalziumspeicher.

Myofibrillen sind Bündel von Myofilamente. Durch deren regelmäßige Anordnung entsteht die Querstreifung der Muskulatur. Diese Streifen spiegeln viele aneinander gereihte funktionelle Untereinheiten wie die der, **Sakromere**. Ihre Begrenzungen sind die mikroskopisch erkennbaren, fein querverlaufenden Linien.

Im Sakromer unterscheidet man 3 verschiedene Myofilamente.

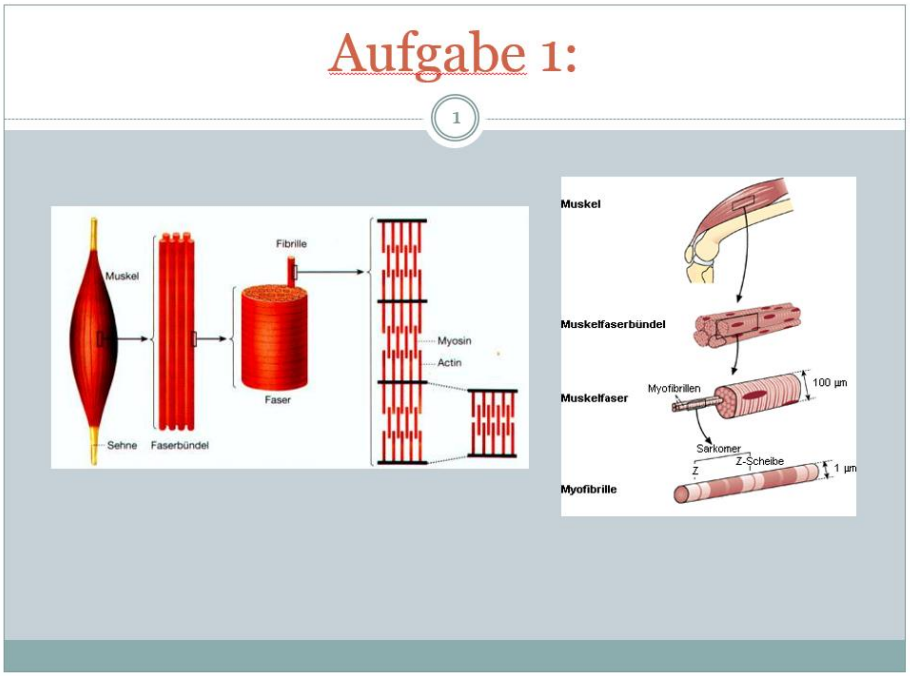
Das dicke Myofilament ist aus golfschlägerähnlichen Untereinheiten geformt. Die Kopfteile ragen nach außen und besitzen eine Bindungsstelle für den bei jeder Kontraktion benötigten „Energiespender“ ATP.

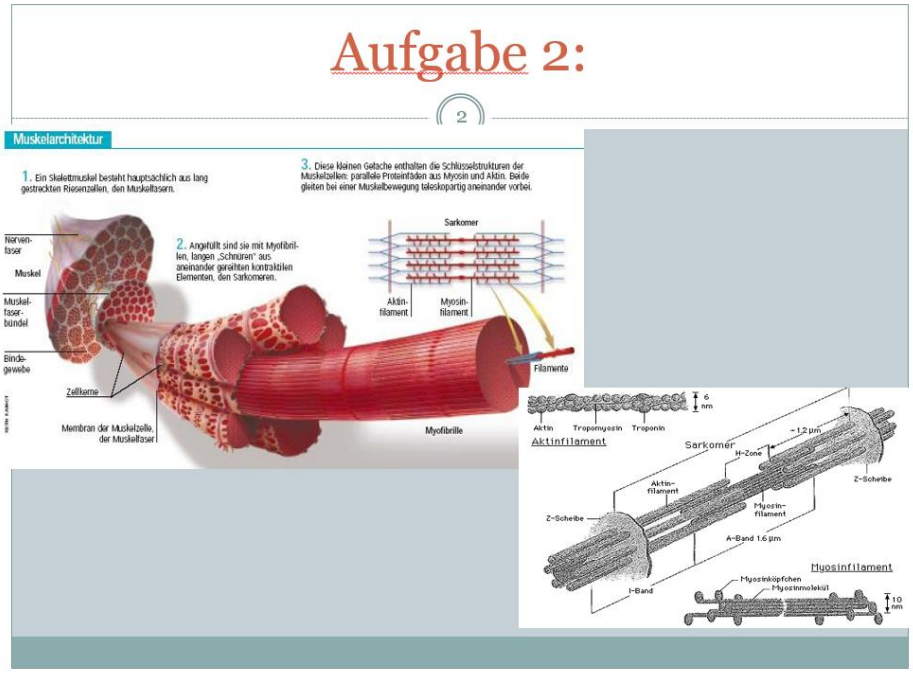
Die dünnen Aktinfilamente befinden sich zwischen den Myofilamente. Sie berühren sich in der Mitte.

Quellen:
http://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z1999/0440/html/

3. Erstellt eine PowerPoint Präsentation, in der ihr kurz eure gefunden Antworten zeigt!

- Nur Stichwörter
- Schemas verwenden
- Keine Formatierung notwendig
- Dateiname: Thema1.pptx





4. Ladet die beiden fertigen Dokumente auf www.educloud.lu hoch (Net Folders/Classes /LTPS/ 13SH1 14-15/Turn-in/„DeinIAM")!

6.5.4. Zusammenfassung der Schülerarbeiten

Aufbau und Funktionsweise der Skelettmuskulatur

Thema 1: Aufbau des Skelettmuskels

Die Skelettmuskulatur (quergestreifte Muskulatur) zeichnet sich durch ihre hochspezialisierten Zellen aus. Ihre Grundeigenschaften sind:

- Erregbarkeit (Reaktion auf Nervenreize)
- Kontraktilität (Verkürzung)
- Dehnbarkeit (Verlängerung)
- Elastizität (Nach Dehnung oder Kontraktion: Rückkehr in die ursprüngliche Lage)

Wichtige Aufgaben durch die Fähigkeit zur Kontraktion:

- Aktive Bewegung des Körpers
  (Gehen, Rennen, lokalisierte Bewegungen z.B. greifen eines Gegenstandes)
- Aufrechte Körperhaltung (kontinuierliche Muskelstimulation durch das ZNS)
- Wärmeproduktion (Energie, die nicht zur Muskelkontraktion selbst verwendet wird, wird in Form von Körperwärme abgegeben)

Aufbau der Skelettmuskulatur:

- Alle Muskeln bestehen aus mehreren **Muskelfaserbündeln**, umhüllt von **Epimysium**.
- Jedes Muskelfaserbündel besteht aus mehreren **Muskelfasern**, umhüllt von **Perimysium**.
- Jede **Muskelfaser** (=Muskelzelle) ist umhüllt vom **Endomysium**.
  (Endomysium, Epimysium und Perimysium bestehen aus Bindegewebe.)
- In einer **Muskelfaser** findet man **Myofibrillen**.
- Jede **Myofibrille** besteht aus mehreren **Sarkomeren**.
- In jedem Sarkomer findet man 3 Arten von Myofilamenten:
  - **Myosin**
  - **Aktin**
  - Titin (→Dehnbarkeit)

Thema 2: Aufbau und Funktion von Myosin und Aktin

Ein Myosin-Molekül kann man strukturell einteilen in:

- **Kopf**: ATPase-Aktivität (kann ATP aufspalten), Verankerung an Aktin
- **Hals**: Bewegliches Scharnier
- **Schwanz**: Zusammenlagerung mehrerer Myosin-Moleküle zu Bündeln (Filamenten).

Ein einzelnes Aktin-Molekül (Monomer) wird als **G-Aktin** bezeichnet.
Mehrere Monomere bilden zusammen filamentöses **F-Aktin**.
Jeweils zwei dieser Filamente bilden, Doppelhelix-förmig, die im Sarkomer vorkommenden Strukturen.

Thema 3: Motorische Endplatte

Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen einer „normalen“ Synapse zwischen zwei Neuronen und einer motorischen Endplatte:

- Die Verbindung bei **normalen Synapsen wird zwischen 2 Neuronen** gebildet. Bei der **motorischen Endplatte** ist die Verbindung zwischen einem Endknöpfchen einer Nervenzelle und einem **strukturierten Membranabschnitt einer Muskelzelle**.
- Bei „normaler“ Synapse und motorischer Endplatte: Einstrom von Ca^{2+} in die präsynaptische Zelle nachdem das Aktionspotential eintrifft. Anschließend: Ausscheidung von Vesikeln mit Neurotransmitter.
- Bei der motorischen Endplatte ist **Acetylcholin** der Neurotransmitter.
- Rezeptoren der postsynaptischen Membran werden durch die Bindung von Acetylcholin aktiviert. Anschließend werden **Ionenkanäle geöffnet** (an der motorischen Endplatte: Ca^{2+}).
- Die an die Rezeptoren gebundenen Acetylcholin-Moleküle werden durch die Acetylcholinesterase recycliert.

Funktionsweise des Botulinumtoxins

Botulinumtoxin (von Clostridium tetani) hemmt die Erregungsübertragung von den Nervenzellen zum Muskel, wodurch die Kontraktion des Muskels je nach Dosierung des Gifts schwächer wird oder ganz ausfällt. Dies funktioniert indem durch Zerstörung von Proteinkomplexen (SNARE) die Freisetzung des Neurotransmitters Acetylcholin gezielt blockiert wird.

Thema 4: T-Tubuli und Sarkoplasmatisches Retikulum

In einer Muskelfaser anzutreffen:

- **T-Tubuli**: Einstülpungen vom Sarkolemm (Zellmembran der Muskelzelle).
- **Sarkoplasmatisches Retikulum**: Spezialisiertes endoplasmatisches Retikulum.

Die T-Tubuli erlauben die Depolarisierbarkeit des Sarkolemms. Durch die Depolarisierung des Sarkolemms durch das Einströmen von Ca^{2+} nach einem Signal an der motorischen Endplatte, senden die T-Tubili Signale an das sarkoplasmatiche Retikulum. Diese befördern daraufhin ebenfalls noch mehr **Ca^{2+}** ins Zellplasma.

Thema 5: Elektromechanische Kopplung und Deblockade von Aktin und Myosin

Unter elektromechanischer Kopplung versteht man den Vorgang bei dem sich **Myosin** an das **Aktinfilament** bindet. Die Bindungsstelle von Myosin auf dem Aktinfilament ist normalerweise von **Troponin** besetzt, welches die Bindung von Myosin an das Aktin verhindert. Troponin ist ein Proteinkomplex, welcher aus drei Untereinheiten aufgebaut ist mit drei verschiedenen Funktionen:

- **Troponin I**: Bindung an Aktin
- **Troponin T**: Bindung an das Tropomyosin, welches die Myosin-Bindungsstelle verdeckt
- **Troponin C**: Bindung von Ca^{2+}-Ionen

Gelangen Ca^{2+}-Ionen ins Sarkoplasma, so setzen sie sich an das Troponin C. Dadurch entsteht eine **Konformationsänderung** des Proteinkomplexes, der die Bindungsstelle an das Aktin freilegt. Die elektromechanische Kopplung kann daraufhin stattfinden.

Thema 6: Querbrückenzyklus

Der Querbrückenzyklus kann in fünf verschiedene Phasen eingeteilt werden:

1. Durch eine **erhöhte Ca^{2+}-Konzentration** im Sakroplasma wird die **Bindungsstelle** zwischen Aktin und Myosin **frei**. Der Myosinkopf setzt sich an die Bindungsstelle des Aktins.

2. **ATP** bindet sich **an den Myosinkopf**. Der Myosinkopf löst sich von der Bindungsstelle des Aktins wieder ab. (Energiearme Konformation)

3. Der Myosinkopf spaltet **ATP zu ADP und P**. Hierdurch steigt die Affinität zwischen Aktin und Myosin (Energiereiche Konformation). Der Myosinkopf bindet sich wieder an das Aktin und bildet eine **Querbrücke**.

4. Der Myosinkopf gibt das **ADP und P frei**. Anschließend kommt es zu einer **Schlagbewegung** des Myosinkopfes, welches zur **Verkürzung des Sarkomers** führt.

5. Ist weiterhin genug Ca^{2+} vorhanden, beginnt der Zyklus (ab Punkt 2) von erneut.

Thema 7: Abschluss der Kontraktion

Um die Muskelkontraktion zu beenden, muss das Ca^{2+} aus dem Zellplasma entfernt werden. Ist die Konzentration entsprechend gesunken, blockiert das Troponin wieder die Bindungsstelle zwischen Myosin und Aktin. Der Querbrückenzyklus wird gehemmt, wodurch die Moleküle wieder in den Ruhezustand zurückgleiten.

Um die Ca^{2+}-Ionen aus dem Zellplasma zu befördern gibt es zwei Mechanismen:

- **$3Na^{+}$-$1Ca^{2+}$-Antiport**: Kalzium wird aus der Zelle heraus ins Interstitium transportiert.
- **SERCA** (Sarkoendplasmatisches-Retikulum-Ca^{2+}-ATPase):
  Kalzium wird in das sarkoplasmatische Retikulum zurückgepumpt.

Wadenkrampf

Ein wichtiger Bestandteil der Muskelkontraktion stellen die Elektrolyte dar. In ihnen sind Salze und Mineralien gelöst. Sie leiten die Nervensignale an die Muskelzellen durch die die Muskeln sich dann verkürzen oder ausdehnen. Da die Salze und Mineralien im Wasser gelöst sind, ist es wichtig, dass genügend Flüssigkeit im Körper vorhanden ist. Verliert der Körper aber durch Krankheiten, wie z.B. Fieber Wasser, wird der Salz-Wasser-Haushalt ins Ungleichgewicht gebracht. Auch Stoffwechselerkrankungen, wie z.B. Diabetes mellitus oder Schilddrüsenstörungen, können die Elektrolytenkonzentration verändern.

Eine wichtige Ursache für Wadenkrämpfe ist ein Magnesiummangel aber auch ein Kalziummangel. Fehlen dem Körper diese Mineralien wird die Aktivitäten zwischen Nerven- und Muskelzellen erhöht. Es werden zu viele Impulse gesendet wodurch sich die Muskeln verkrampfen.

6.6. Klassenarbeit I1

6.6.1. Aufgaben

LTPS LYCÉE TECHNIQUE POUR PROFESSIONS DE SANTÉ	Devoir en classe I,1	/60
12/12/2014 13eSH2	Matière: Biologie cellulaire (BioCe)	
Vor- und Nachname : _____		

I. Das Mikroskop (4 P)

1. Verbessere folgenden Text! (4 P)

Ernst van Leeuwenhoek baute im 12. Jahrhundert das erste Mikroskop. Obwohl es schon eine 1000-fache Vergrößerung erreichte, hatte es nur eine Linse. Seine ersten Beobachtungen waren, unter anderen Bakterien und Spermienzellen.

Bei der Theorie der Auflösungsgrenze wird das Licht als Teilchen betrachtet. Anhand dieser Theorie hat man errechnet, dass alles was kleiner als 333 µm ist nicht mehr mit Hilfe eines elektronischen Mikroskops zu erkennen ist.

Antoni (0.5) van Leeuwenhoek baute im 17. Jahrhundert (0.5) das erste Mikroskop. Obwohl es schon eine 270-fache (0.5) Vergrößerung erreichte, hatte es nur 1 Linse. Seine ersten Beobachtungen waren, unter anderen Bakterien und Spermienzellen.

Bei der Theorie der Auflösungsgrenze wird das Licht als Welle (1) betrachtet. Mit Hilfe dieser Theorie hat man errechnet, dass alles was kleiner als 333 nm (1) ist nicht mehr mit Hilfe eines optischen (0.5) Mikroskops zu erkennen ist.

II. Funktionen des Neurons (17 P)

1. Die Natrium-Kalium-Pumpe spielt eine wichtige Rolle bei der Weiterleitung von Informationen durch die Neurone. Erkläre die Funktionsweise dieses Transmembranproteins! (5 P)

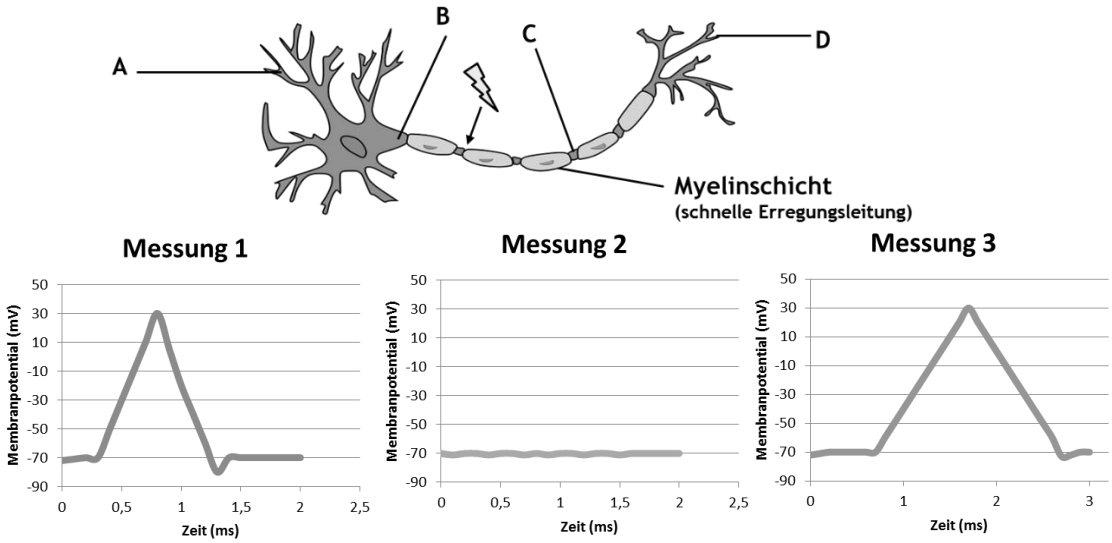
Die Natrium-Kalium-Pumpe katalysiert (0.5) unter Hydrolyse (1) von ATP (1) den Transport von Na-Ionen aus der Zelle (0.5) und von K-Ionen in die Zelle (0.5) gegen den chemischen (0.5) Konzentrationsgradienten (1).

2. Beschreibe die Vorgänge, die nach einem Aktionspotenzial, bei der Repolarisation ablaufen und wie die Ladungsverhältnisse der Zellmembran sich verändern! (6 P)

Die Leitfähigkeit (0.5) der Zellmembran für Natrium-Ionen (0.5) am Höhepunkt einer Depolarisation (0.5) nimmt schnell wieder ab (0.5). Der Natrium-Einstrom in die Zelle wird dadurch gestoppt. (0.5) Kalium-Ionen strömen aus der Zelle (1) An der Innenseite der Zellmembran überwiegt dann wieder eine negative (1) Ladung. Es entsteht sogar kurzzeitig eine Hyperpolarisation (0.5). Danach wird das Ruhepotential (1) wieder hergestellt.

3. Mit Hilfe von Elektroden lassen sich Neurone künstlich reizen. Man hat solch einen Neuron bei einem Test jeweils über den Schwellenwert hinaus an einem bestimmten Punkt (Blitz) gereizt. Das Membranpotential wurde an verschiedenen Punkten (A-D) gemessen.

Ordne die drei Diagramme den vier Messpunkten zu und begründe! (6 P)



Messung 1: B (1) und C (1)
Das Aktionspotenzial breitet sich schnell aus durch seine saltatorische Erregungsleitung. (1)

Messung 2: A: (1) An der Eingangsseite des Neurons kann kein Aktionspotenzial entstehen, da praktisch keine spannungsgesteuerten Natriumkanäle vorhanden sind. (1)

Messung 3: D: (0.5) Das Aktionspotenzial breitet sich langsamer aus, da am Ende des Axons keine Myelinschicht mehr vorhanden ist. (0.5)

III. Zellkontakte (10 P)

1. Richtig oder falsch?
Bestimme, ob folgende Aussagen richtig oder falsch sind!
Falls sie falsch sind, korrigiere sie! (6 P)

a. Die Blut-Hirnschranke wird mit Hilfe von Verschlusskontakten gebildet.

Richtig (0.5)

b. Zellen des Herzens sind über Herzstreifen miteinander verbunden, welche aus Tight junctions und Maculae adhaerens bestehen.

Falsch (0.5) über Glanzstreifen (0.5), gap junctions (1)

c. Die Bindung eines Neurotransmitters an einen spezifischen post-synaptischen Rezeptor löst eine elektrische Reaktion seitens des post-synaptischen Neurons aus.

Richtig (0.5)

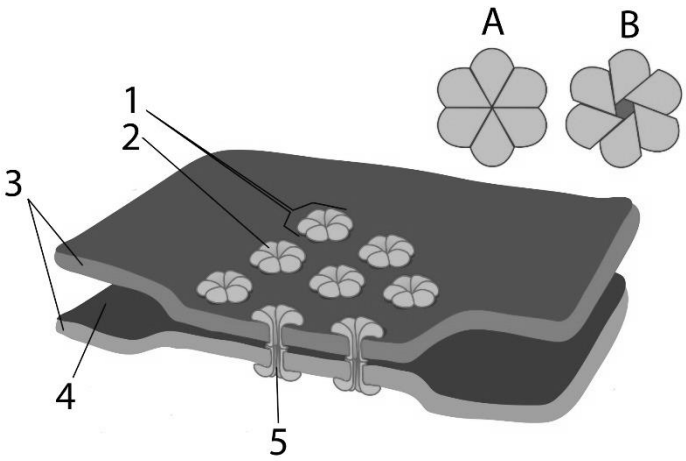
d. Gap junctions erlauben, im Gegenzug zu den Synapsen, die Modulation der Signale und deren Integration mit von der Zelle empfangenen, anderweitigen Informationen.

Falsch (0.5), umgedreht (1)

e. Desmosomen bestehen aus beidseits verdichteten Membranabschnitten und dazwischen liegender weißer Substanz.

Falsch (0.5), Kittsubstanz (1)

2. Beschrifte folgendes Schema! (4 P)



Zustand der Struktur	**A**	Geschlossen (0.5)
	B	Offen (0.5)
1		Connexon (1)
2		Connexin (0.5)
3		Zellmembran (0.5)
4		Extrazelluläre Matrix (0.5)
5		Hydrophiler Kanal (0.5)

IV. Interpretation eines Experiments (29 P)

Folgende Fragen beschäftigen sich mit der im Unterricht gesehen Theorie und einem Experiment, welches am 21 Juni 1979 in dem Biologiefachmagazin „Nature“ veröffentlicht wurde.

Die Wissenschaftler wollten herausfinden, wie zwei verschiedene, radioaktiv-markierte Proteine, Protein A und Protein B, vom interzellulären Raum ins Innere von Zellen gelangen können. In der untenstehenden Tabelle findest du alle bekannten Mechanismen zur Einschleusung von Substanzen in eine Zelle:

<table>
<tr><th colspan="2">Mechanismus</th><th>Beschreibung</th><th>Intra- zur extrazellulären Stoffkonzentration</th></tr>
<tr><td colspan="2">Einfache Diffusion</td><td rowspan="2">Stoffe folgen ihrem Konzentrationsgefälle durch die Zellmembran und versuchen dieses auszugleichen.</td><td>proportional*</td></tr>
<tr><td colspan="2">Erleichterte Diffusion</td><td>nicht proportional</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Endo-zytose</td><td>Phagozytose</td><td>Endozytose fester Partikel (meist nur von Fresszellen)</td><td>nicht proportional</td></tr>
<tr><td>Pinozytose</td><td>Endozytose gelöster Moleküle</td><td>proportional</td></tr>
<tr><td>Rezeptor-gesteuerte Endozytose</td><td>Bindung eines Moleküls an einen Membran-rezeptor und Einverleibung des Moleküls</td><td>nicht proportional</td></tr>
<tr><td colspan="4">*proportional = sich im gleichen Verhältnis ändernd (ändert sich die Konzentration im extrazellulären Raum, ändert sich die Konzentration gleich viel im intrazellulären Raum)</td></tr>
</table>

Als erstes untersuchten die Forscher alle Moleküle der Zellmembran genauer, denn sie vermuteten, dass die erleichterte Diffusion für die Proteine A und B in Frage kommen könnte.

1. Die Zellmembran

a. Zeichne ein detailliertes Schema der Zellmembran mit allen Strukturen aus denen sie aufgebaut ist und beschrifte es! (5 P + 1 P Sauberkeit)

Zeichnung
Hydrophobe Schwänze (0.5), hydrophile Köpfe (0.5), Transmembranprotein (1)

Beschriftung
Phospholipiden (1,) Hydrophobe Schwänze (0.5), hydrophile Köpfe (0.5), Transmembranprotein (1)

Sauberkeit (1)

b. Nenne drei Faktoren von denen die Semipermeabilität der Zellmembran für einen bestimmtes Molekül abhängt! (3 P)

Molekülgröße, Fettlöslichkeit, elektrische Ladung (3x1)

2. Erleichterte Diffusion

a. Welche Typen von Molekülen werden mit Hilfe der erleichterten Diffusion transportiert? (2 P)

Hydrophile ODER schlecht fettlösliche und geladene ODER große Moleküle ODER Ionen (2x1)

b. Beschreibe wie bei der „erleichterten Diffusion“ Moleküle die Zellmembran überwinden können! (4 P)

Moleküle, können mit Hilfe entsprechender Carrierproteine (1) oder Kanalproteine (1) die Zellmembran durch Diffusion überwinden.
Carrierproteine schleusen die Substanz durch eine Reihe von Konformationsänderungen (1) durch die Membran hindurch.
Kanalproteine bilden hydrophile Poren (Kanäle) (1).

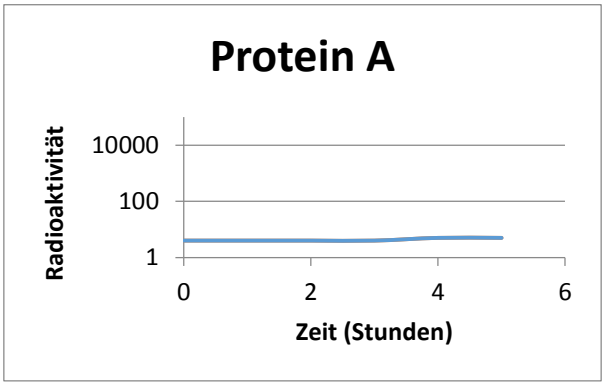
Nachdem die Wissenschaftler die Membran genauer untersucht hatten, fanden sie heraus, dass diese keine speziellen Strukturen zum Transport für die beiden Proteine enthält. Die erleichterte Diffusion kam für den Transport der Proteine A und B also nicht mehr in Frage. Du kannst diesen Mechanismus somit ausschließen.

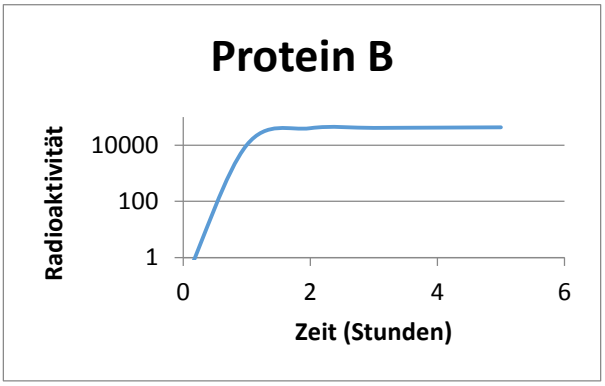
Durch zwei weitere Experimente wollte man nun herauszufinden wie die Proteine dennoch in die Zelle eindringen können.

Experiment N°1

Die beiden markierten Proteine wurden zu Zellkulturen, die bei 4°C gehalten wurden, hinzugefügt. Bei dieser Temperatur versteift sich die Zellmembran. Die Phagozytose und die Pinozytose werden so unterbunden, die einfache Diffusion und die Rezeptor-gesteuerte Endozytose** jedoch nicht.
(** Bindung an den Rezeptor noch immer möglich)

Es werden mehrere Kulturen angelegt, bei denen die Inkubationszeit mit den markierten Proteinen unterschiedlich lang ist. Nach der Inkubationszeit wird die Radioaktivität gemessen: Die folgenden Diagramme zeigen also an, welche Menge an Proteinen sich an der Zellmembran fixiert hat, bzw., in die Zellen eingedrungen ist.





3. Interpretiere die Diagramme!
Beachte: Auch wenn man die Konzentration von Protein A oder B weiter erhöht, so steigt die Radioaktivität trotzdem nicht weiter an als der Wert, der nach 4 Stunden erreicht wurde!

a. Beschreibe den Verlauf der beiden Diagramme! (3 P)

Die Radioaktivität für das Protein A ist gering (0.5) und nimmt über die Zeit nicht, bzw. nur sehr wenig zu (1).

Die Radioaktivität für das Protein B ist am Anfang gering, steigt aber stark an (1). Man sieht eine Sättigung. (0.5)

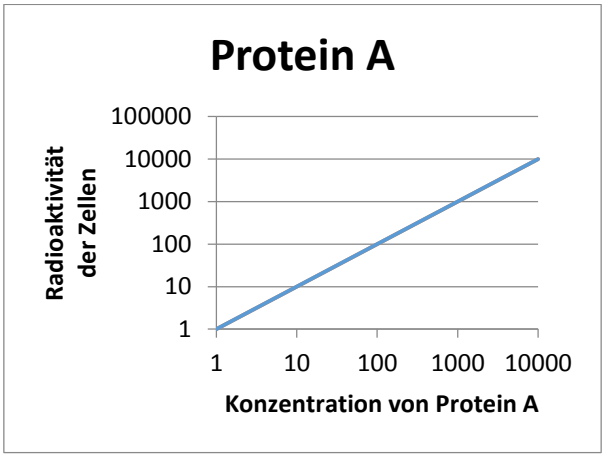
b. Welche Mechanismen könnten für Protein A, welche für Protein B in Frage kommen? (4 P)

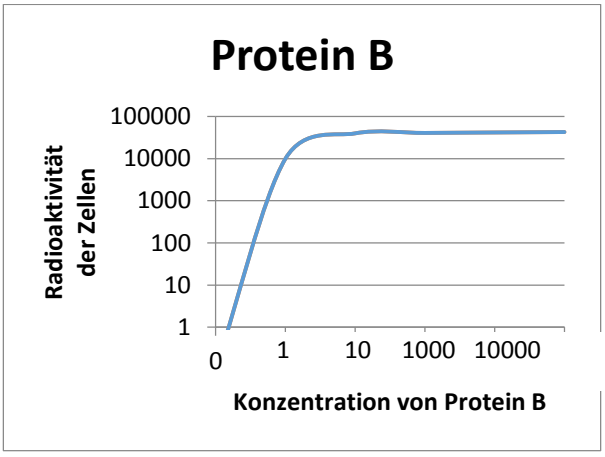
Das Protein A bindet sich nicht. Es kommt also die Phagozytose (1) oder die Pinozytose in Frage (1).

Das Protein B bindet sich. Es kommen also die einfache Diffusion (1) oder die rezeptor-gesteuerte Endozytose in Frage. (1)

Experiment N°2

Man wiederholt das Experiment N°1 bei 37°C mit unterschiedlichen Konzentrationen (1, 10, 100,1000, …) an markierten Proteinen A bzw. B. Die Radioaktivität wird jedes Mal nach 10 Minuten gemessen.





4. Bestätigen die Resultate des zweiten Experiments deine Vermutungen?

a. Beschreibe und vergleiche den Verlauf der beiden Diagramme!
Sind die extra- und intrazellulären Konzentrationen proportional zueinander? (3 P)

Bei Protein A steigt die Radioaktivität an. (0.5) Die Konzentration von Protein A ist direkt proportional zu der extrazellulären Konzentration. (1)

Bei Protein B steigt die Radioaktivität ebenfalls an (0.5), sogar sehr viel mehr als bei Protein A. (0.5) Die Konzentrationen sind nicht proportional zu einander. (0.5)

b. Welcher Mechanismus kommt schlussendlich für Protein A, welcher für Protein B in Frage? Begründe! (4 P)
(Benutze zur Begrüdung die Tabelle der Seite 4!)

Das Protein A kann sich bei 10°C nicht binden. Es muss also die Pinozytose oder Phagozytose sein. Der Konzentrationsanstieg ist proportional (1), also muss es sich um die Pinozytose handeln. (1)

Das Protein B bindet sich bzw. gelangt auch bei 10°C in die Zelle. Es muss also entweder die einfache Diffusion oder die rezeptor-gesteuerte Endozytose sein. Es muss die rezeptor-gesteuerte Endozytose sein (1), da der Konzentrationsanstieg nicht proportional ist. (1)

6.6.2. Auswertung der Klassenarbeit I1 13eSH1

	Name	Prénom	Total	I	II,1	II,2	II,3	II	III,2	IV,1a	IV,1b	IV,1c	IV,2a	IV,2b	IV,3a	IV,3b	IV,4a	IV,4b	Total	%		%		Schwierigkeitsstufen
1	Schüler	1	26	1,5	3	2	0	3,5	2	1,5	3	0	0,5	1	3	1	2,5	1	25,5					Wissen wiedergeben
2	Schüler	2	23	2,5	3	3,5	0	2,5	0	2	3	3	2	1	0	0	0	0	22,5					Wissen anwenden
3	Schüler	3	43	4	2	4	5	5,5	4	2	3	3	2	3	3	1	1,5	0	43					Daten analysieren und Probleme lösen
4	Schüler	4	46	2,5	4	4	5	4	3,5	2	3	3	2	1,5	2	4	1,5	3,5	45,5					
5	Schüler	5	22	0,5	0	0	2	2	1	0	0,5	3	2	2	3	0	3	3	22					Grüner Punkt: Mehr als 67%
6	Schüler	6	23	4	0	0	2,5	3	1	2	1	1	0,5	1	3	0	3	1	23					
7	Schüler	7	31	2,5	2	3	0	2,5	3	1	3	3	1	0,5	3	1	2,5	3	31					Gelber Punkt: Zwischen 67% und 41%
8	Schüler	8	28	2	0,5	1,5	0	1,5	2	0,5	3	3	2	2	2,5	1	3	3	27,5					
9	Schüler	9	29	1,5	1	3,5	2,5	3,5	2	1	2,5	1	1,5	1	3	0	3	2	29					Roter Punkt: Unter 41%
10	Schüler	10	39	1	2,5	4,5	4	1,5	1,5	2,5	3	3	2	1	3	4	3	2	38,5					
11	Schüler	11	31	3	4	2	3	1,5	1	0	2	3	2	0,5	3	0	2,5	3	30,5					
12	Schüler	12	37	3	4	2	1	1,5	2,5	0,5	3	3	2	2	2,5	4	1,5	4	36,5					
13	Schüler	13	35	3,5	1	1	3	3,5	2,5	2	3	2	2	2	2,5	1	3	3	35					
14	Schüler	14	22	0,5	4	0	0	4	2	0,5	2	1	0,5	1	3	1	2	0	21,5					
15	Schüler	15	29	1,5	5	2	2	3	1	1	3	1	0	0,5	2	2	2,5	2,5	29					
16	Schüler	16	23	2,5	1,5	3	1,5	2,5	0,5	1	3	2	1	0	1,5	1	2	0	23					
17	Schüler	17	33	1	4	2	1	3	4	1	2	0	2	1	2,5	3	3	3,5	33					
18	Schüler	18	18	0	0	3	2	0	0	0,5	2	3	1	2,5	3	1	0	0	18					
19	Schüler	19	31	3,5	3	3,5	2	2	2,5	1,5	3	1	0	1	3	1	2,5	1,5	31					
20	Schüler	20	27	2,5	0	1,5	2	1,5	1,5	1	2	1,5	0,5	1	2,5	3	2,5	4	27					
21	Schüler	21	31	3	1,5	2	3	2	2	2	2	2	2	0,5	2	0	3	4	31					
22	Schüler	22	17	0	0	2	2	2	0,5	0	0	3	2	0,5	3	0	2	0	17					
23	Schüler	23	41	2	4	3	2	4,5	3,5	2,5	2	3	2	3	2,5	1	2,5	3	40,5					
24	Schüler	24	28	1	1	2	4	2	4	1	2	3	2	0,5	3	0	2	0	27,5					
25	Schüler	25	32	3	1	2,5	2,5	3,5	0,5	2,5	2	3	2	1,5	3	0	1,5	3	31,5					
26	Schüler	26	22	4	1	0	1	1,5	2	0	1,5	3	1	1	2,5	0	2	1	21,5					
27	Schüler	27	32	2	2,5	3,5	0	3	2,5	0,5	3	3	2	1	3	2	2,5	1	31,5					
28	Schüler	28	28	1	3	4	2,5	3,5	2	1	2,5	0,5	1	0,5	0	1	3	2	27,5					
Mittelwert			29,5	2,11	2,09	2,32	1,98	2,64	1,95	1,18	2,32	2,18	1,45	1,21	2,5	1,18	2,25	1,93	29,3	49	42	49		
Max. Punkte			60	4	5	6	6	6	4	3	3	3	2	4	3	4	3	4	60					

6.6.3. Auswertung der Klassenarbeit I1 13eSH2

	Nom	Prénom	Total	I,1	II,1	II,2	II,3	III,1	III,2	IV,1a	IV,1b	IV,2a	IV,2b	IV,3a	IV,3b	IV,4a	IV,4b	Total	%	%	%		Schwierigkeitsstufen
1	Schüler	1	21	1,5	0,5	1	0	3,5	1	1,5	3	2	1	2	1	2,5	0	20,5					Wissen wiedergeben
2	Schüler	2	25	0,5	0	1,5	0	1	1,5	5,5	3	2	1,5	3	2	1,5	2	25					Wissen anwenden
3	Schüler	3	40	2,5	2,5	5,5	1,5	3,5	3,5	5	2	2	3	2,5	1	3	2	39,5					Daten analysieren und Probleme lösen
4	Schüler	4	23	3,5	1	0	0	1	1,5	4	2,5	2	0	3	1	2	1,5	23					
5	Schüler	5	27	3	0	3,5	2,5	4	1	1	2	2	0	3	1	2	2	27					Grüner Punkt: Mehr als 67%
6	Schüler	6	39	2	3	4	0,5	5	3	6	3	1	1,5	3	2	2	3	39					
7	Schüler	7	14	1	0	1,5	2	2,5	1,5	2,5	0	0	0	2	0	1	0	14					Gelber Punkt: Zwischen 67% und 41%
8	Schüler	8	25	2,5	1,5	1	4	1,5	2,5	1,5	3	3	1,5	0,5	2	0	0	24,5					
9	Schüler	9	20	2	0,5	1	3,5	1	1	0	0,5	1,5	1,5	2,5	2	1	2	20					Roter Punkt: Unter 41%
10	Schüler	10	39	3,5	2,5	3,5	2	3	2,5	5,5	3	2	2,5	2,5	1	3	2	38,5					
11	Schüler	11	24	1,5	0	0	2,5	2	0	2,5	3	2	3	3	1	2	1	23,5					
12	Schüler	12	40	3	2	4	1,5	6	2,5	2,5	3	2	2	2,5	3	3	3	40					
13	Schüler	13	29	3	0	2,5	0	4	0	0	2,5	2	4	2,5	2	3	3	28,5					
14	Schüler	14	25	0,5	0	1,5	4,5	2	3,5	1,5	1	1	1,5	3	1	2	2	25					
15	Schüler	15	27	2	1	2	2	2	1,5	4,5	0	2	3	2,5	2	1,5	1	27					
16	Schüler	16	35	1,5	0	3,5	3	1	3,5	5,5	3	2	1,5	2,5	2	2,5	3	34,5					
17	Schüler	17	32	1,5	0	1	2,5	3	2,5	6	3	2	0	3	1	3	3	31,5					
18	Schüler	18	30	0	0	4,5	3,5	1,5	0,5	5,5	2,5	1	2	2	1	2,5	3	29,5					
19	Schüler	19	40	3	2,5	3	1	5	2	5	3	2	3	3	1	3	3	39,5					
20	Schüler	20	19	0	0,5	0	3,5	1,5	2	3	1	0	0	2,5	2	2	1	19					
21	Schüler	21	22	2,5	1	0	2,5	2	1	5,5	3	0	0	3	1	0	0	21,5					
22	Schüler	22	35	2,5	1	5	2	3	2	6	2	2	2,5	2	1	3	1	35					
23	Schüler	23	22	0	0,5	1,5	0	1,5	1,5	4,5	3	2	2,5	2,5	1	1	0	21,5					
24	Schüler	24	20	2	0	1,5	0	1,5	3,5	1,5	2	1	1,5	3	1	1,5	0	20					
25	Schüler	25	26	3	0	2	4	1	1,5	1	3	2	1	2,5	1	3	1	26					
26	Schüler	26	30	2	1	1	4	1	1,5	6	3	2	0,5	2	0,5	2,5	3	30					
27	Schüler	27	30	3	0,5	1,5	2	1,5	1,5	4	3	2	1	2,5	1	3	3	29,5					
28	Schüler	28	14	2,5	0	0,5	1,5	2	1,5	0	0	0	0	2,5	1	2	0	13,5					
29	Schüler	29	24	2	0	1,5	2,5	0	0	4	3	2	0,5	2	1	3	2	23,5					
Mittelwert			27,5	1,98	0,74	2,03	2,02	2,33	1,76	3,48	2,28	1,6	1,45	2,5	1,29	2,12	1,64	27,2	45	40	48		
Max. Punkte			60	4	5	6	6	6	4	6	3	2	4	3	4	3	4	60					

6.7. Klassenarbeit II1

6.7.1. Aufgaben

LTPS LYCÉE TECHNIQUE POUR PROFESSIONS DE SANTÉ	Devoir en classe II,1	/60
30/04/2015 13eSH1	Matière: Biologie cellulaire (BioCe)	
Vor- und Nachname : _____		

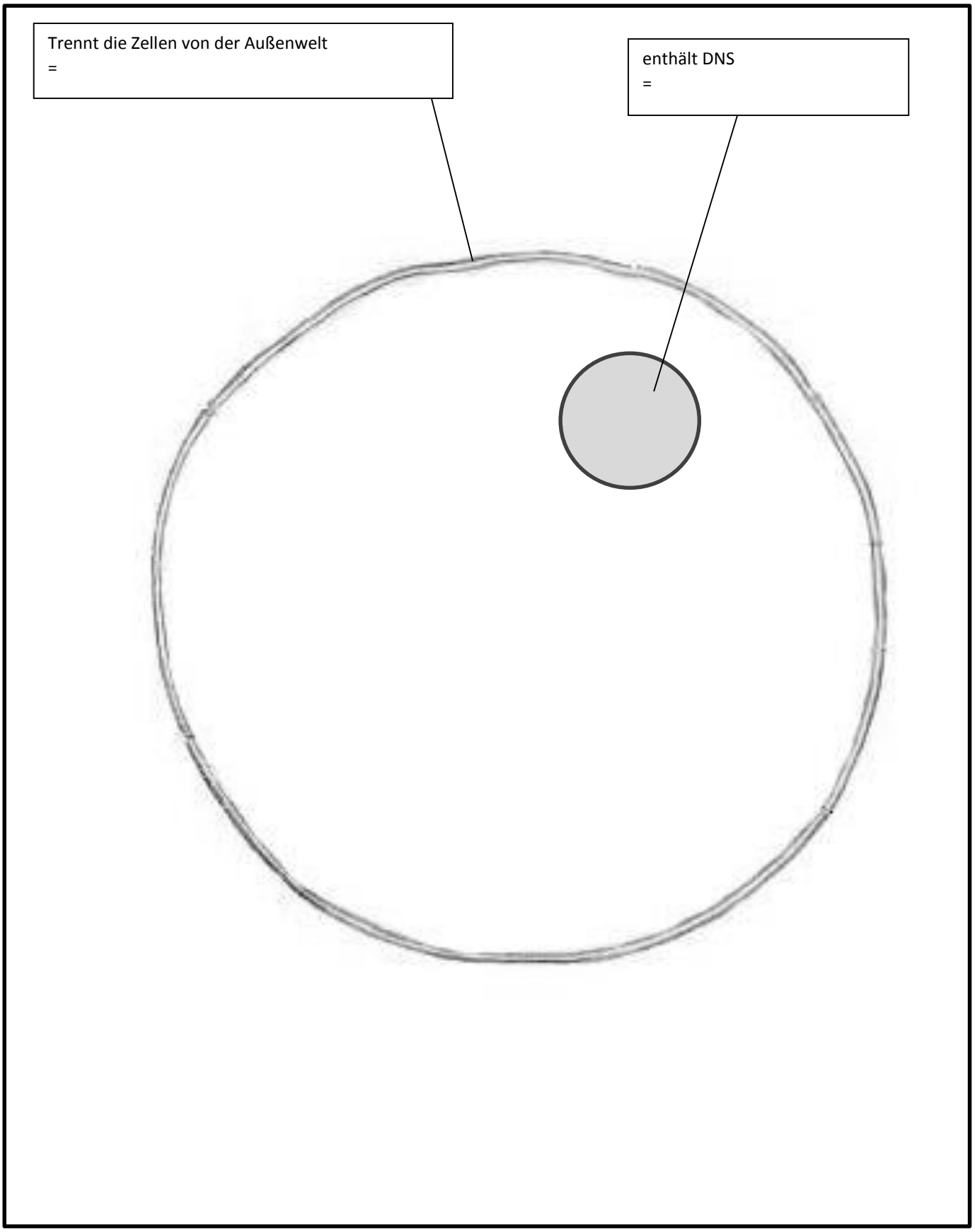
I. Kompartimente und Transport (28 P)

1. Nenne kurz die Aufgabe(n)/Funktion(en) der folgenden Zellstrukturen! (10 P)

Zellstruktur (Organelle)	**Aufgabe(n)/ Funktion(en)**
Raues endoplasmatisches Retikulum	Proteinsynthese (1)
Glattes endoplasmatisches Retikulum	Lipidsynthese (1) und Lipidverteilung (0.5) In Muskelzellen: Kalziumspeicher (0.5)
Golgi-Apparat	Verpackung (0.5) auszuscheidender (0.5) Stoffe
Lysosom	Verdauung (0.5) von durch Endozytose aufgenommenen (1) Fremdstoffen (0.5)
Intermediärfilamente	Stützfunktion (1)
Mikrotubuli und Zentriolen	Erhaltung der Zellform (0.5) Transportschienen (0.5) Rolle bei der Zellteilung (1), da Teil des Spindelapparats (1)

2. Vervollständige folgendes Schema! (Sauberkeit: 1 P)

- **a.** Zeichne das raue endoplasmatische Retikulum und den Golgi-Apparat ein! (2,5 P)
- **b.** Zeichne anschließend den Weg (Pfeile) eines Glykoproteins von seiner Produktionsstätte bis hin zur Exozytose ***farbig*** ein (auch die Zwischenstrukturen)! (6,5 P)
- **c.** Beschrifte alle Strukturen! (8 P)



Sauberkeit (1)

RER (1) nahe des Zellkerns (0.5)
Golgi (1)

Glykoprotein im RER (0.5)
Transportvesikel zwischen RER und Golgi (1) mit Glykoprotein (0.5)
Golgi-Vesikel (1) mit Glykoprotein (0.5)
Transportvesikel zwischen Golgi und Zellmembran (1) mit Glykoprotein (0.5)
Pfeil RER -> Golgi (0.5)
Pfeil Golgivesikel (0.5)
Pfeil Golgi zur Zellmembran (0.5)

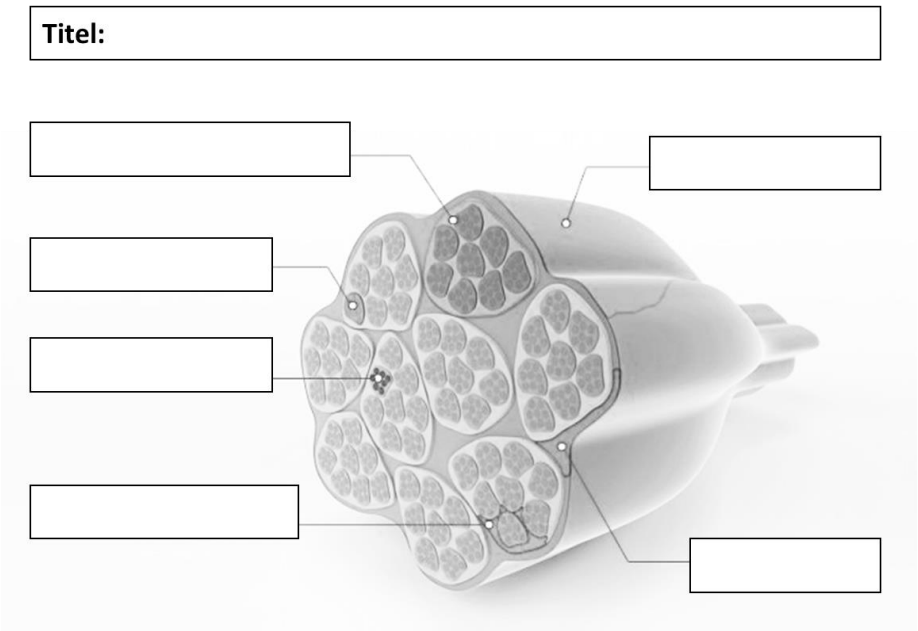
Beschriftung:
Zellkern (1)
Zellmembran (1)
Raues ER (3x0.5)
Golgi (1)
Binnenraum des REM (0.5), Transportvesikel (0.5)
Diktyosom ODER Zisternenstapel (1), Zisterne (0.5), Golgi-Vesikel (0.5)
Transportvesikel zur Exozytose ODER Ausschleusung (0.5)

II. Zytoskelett (32 P)

1. Beschreibe den Aufbau eines Myosin-Moleküls und die Aufgaben der jeweiligen Strukturen! (6 P)

Kopf (0.5): ATPase(1)-Aktivität (0.5), Verankerung an Aktin (1)
Hals (0.5): Bewegliches Scharnier (1)
Schwanz (0.5): Zusammenlagerung mehrerer Myosin-Moleküle zu Bündeln (1)

2. Beschrifte folgendes Schema! (6 P)



Aufbau (0.5) des Skelettmuskel (0.5) gewebes (0.5)
Muskelfaserbündel (1)
Muskelfaser (0.5)
Myofibrillen (1)
Endo (0.5) mysium (0.5)
Epimysium (0.5)
Perimysium (0.5)

3. Antworte auf folgende Fragen! (5 P)

a. Welche Art von Myofilament gibt es neben Aktin und Myosin in jedem Sarkomer?

Titin

b. Durch welches Enzym wird der Neurotransmitter an einer motorischen Endplatte recycliert?

Acetylcholinesterase

c. Wie nennt man die Einstülpungen des Sarkolemms?

T-Tubuli

a. In welcher Art von Konformation befindet sich das Myosin wenn es ADP und P gebunden hat?

Energiereiche Konformation

b. Wohin transportiert SERCA die Ca-Ionen?

Ins Sarkoplasmatische Retikulum

III. Evolution (32 P)

1. Beschreibe die Endosymbiontentheorie! (5 P)

Laut der Endosymbiontentheorie sind Chloroplasten (0.5) und Mitochondrien (0.5) zwar Organellen, welche man in einer eukaryotischen Zelle vorfinden kann. Ihre Herkunft ist allerdings nicht wie die der anderen Organellen. So geht die Theorie davon aus, dass diese Organellen durch Endozytose (1) in das Zellinnere gelangt sind. Anstatt, dass die Ursprungszelle den Chloroplast oder das Mitochondrium mit Hilfe eines Lysosoms verdaut hat, ist sie eine Symbiose (1) eingegangen. Die Theorie wird dadurch gestützt, dass sowohl die Chloroplasten wie auch die Mitochondrien, nicht wie alle anderen Zellen, eine, sondern 2 Membranen besitzen (1). Dabei zeigt die äußere Ähnlichkeiten zur Membran der Zelle (0.5) und die innere ist denen von Prokaryoten sehr ähnlich. (0.5)

IV. Bioethik (32 P)

1. Die Präimplantationsdiagnostik (PID)

a. Beschreibe die Technik der PID! (5 P)

PID bedeutet, dass im Labor (0.5) durch künstliche Befruchtung (0.5) entstandene Embryonen (0.5) genetisch untersucht (0.5) und selektiert werden, bevor sie in die Gebärmutter einer Frau eingebracht werden (0.5). Hierzu wurde eine Frau zuvor mit Hormonen behandelt (0.5), damit mehrere Eizellen zur Reifung kommen. Diese wurden dann entnommen (0.5). Am dritten Tag nach der Befruchtung wurden 1-2 totipotente Zellen (0.5) vom Embryo entnommen und genetisch untersucht. Nur die Embryonen die die unerwünschte bzw. erwünschte genetische Anlage tragen (1) werden anschließend wieder in die Gebärmutter eingesetzt.

b. Nenne fünf Argumente, welche für oder gegen die PID sprechen! (5 P)

Argumente für die PID: (4x1)
Weniger Kinder mit schwerwiegenden Erbkrankheiten
Therapie von Patienten durch kompatible Stammzellen durch genetische Selektion
Erhöhung der Erfolgsrate von künstlichen Befruchtungen
Vermeidung späterer Abtreibungen

Argumente gegen die PID: (1x1)
Ethisches Dilemma: Abwägung von lebenswertem und nichtlebenswertem Leben jenseits der Grenze von Lebensfähigkeit

6.7.2. Auswertung der Klassenarbeit II1 13eSH1

	Name	Prénom	Total	I1	RER	REG	Golgi	Lyso.	Interr	Mikro	I2	I2a	I2b	I2c	II1	II2	II3	III1	IV1	IV2	Total	%		Schwierigkeitsstufen
1	Schüler	1	37,5	7	1	1,5	1	2	1	0,5	0,5	2	2,5	3,5	5	2,5	3	3,5	5	3	37,5			Wissen wiedergeben
2	Schüler	2	52	9,5	1	2	1	1,5	2	2,5	1	2,5	4	5,5	6	5	5	5	4,5	4	52			Wissen anwenden
3	Schüler	3	49	7,5	1	2	1,5	1	1	1	1	2,5	4,5	4,5	5,5	4,5	5	5	5	4	49			Daten analysieren und Probleme lösen
4	Schüler	4	48,5	8	1	1	0,5	2	1	2,5	0,5	2,5	5	5	4,5	4,5	4	5	5	4,5	48,5			
5	Schüler	5	4,5	2,5	1	1,5	1	1	0	0	1	1	1	3	1,5	3	1,5	1	1	2	18,5			Grüner Punkt: Mehr als 67%
6	Schüler	6	14,5	4,5	1	1	0,5	0	0	0	0,5	1	0	2,5	0	0,5	1	0,5	2,5	1,5	14,5			
7	Schüler	7	38	4	1	1,5	0,5	0	0	0,5	1	2,5	4	6	2,5	5	4	3,5	2,5	3	38			Gelber Punkt: Zwischen 67 und 41%
8	Schüler	8	32,5	4,5	1	1	0,5	1,5	0	0,5	1	2	4	3,5	3,5	5	2	2	2,5	2,5	32,5			
9	Schüler	9	23,5	2,5	1	0	1	0,5	0	0	0,5	1	2,5	2	3,5	3	2,5	3	0	3	23,5			
10	Schüler	10	34	4,5	1	1	1	1,5	0	0	0,5	2,5	4,5	6	3,5	4,5	2	2	2	2	34			Roter Punkt: Unter 41%
11	Schüler	11	19	1	0,5	0	0	0,5	0	0	1	1,5	3	4,5	3	3	1	1	0	0	19			
12	Schüler	12	41	6,5	1	1,5	1	1	1	1	0,5	2,5	5	6	3	5		7,5	2	3	41			
13	Schüler	13	43	7,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	2,5	5	6	3,5	5,5	3	4,5	2	2,5	43			
14	Schüler	14	17	4	1	0,5	0,5	1	0	0	0,5	2	3	4,5	0	0	0	0	0	3	17			
15	Schüler	15	27,5	7,5	1	1,5	0,5	1	1	2	0	0	0	2	3,5	5,5	2	2	2	3	27,5			
16	Schüler	16	40,5	7	1	2	0,5	1,5	1	1	0,5	2	3,5	5,5	3,5	5	4	4,5	1,5	3,5	40,5			
18	Schüler	17	20	4,5	1	0,5	2	1	0	0	1	2,5	4,5	6	0	0	1	0,5	0	0	20			
19	Schüler	18	38	6	1	1,5	0,5	2	1	0	0	1,5	0,5	5,5	6	5	4	3	4	2,5	38			
21	Schüler	19	36	8,5	1	2	1	1,5	0,5	2	1	2	4,5	4,5	0	5	2	1	2,5	5	36			
22	Schüler	20	15,5	0,5	0	0	0,5	0	0	0	1	0,5	0	2	3	3	2	2	0,5	1	15,5			
23	Schüler	21	48,5	8	1	1,5	1	1,5	1	2	0,5	2,5	6	5,5	5	5	4,5	5	2	4,5	48,5			
24	Schüler	22	40	6	1	2	0	1	0	2	0,5	2	3	5,5	5,5	5	3	3	2	4,5	40			
25	Schüler	23	18	5,5	1	1,5	0,5	1	0	0,5	0,5	1,5	0	2	0	4	1,5	2	0	1	18			
26	Schüler	24	16,5	2	0	0	0	0	0	2	0,5	2	2,5	1	0	4,5	3	1	0	0	16,5			
27	Schüler	25	32,5	5	0	0,5	0,5	2	0,5	1,5	1	1	1	2,5	4,5	4,5	4	4	3	2	32,5			
28	Schüler	26	28	1,5	0	0	0,5	1	0	1	2,5	4	5	1,5	4	1	0,5	2	3	3	28			
Mittelwert			31,3	5,21	0,83	1,12	0,71	1,1	0,46	0,92	0,75	1,9	3,02	4,08	3,08	3,79	2,62	2,83	2,1	2,62	31,88	52	57	
Max. Punkte			60	10	1	2	1	2	1	3	1	2,5	6,5	8	6	6	5	5	5	5	60			

6.7.3. Auswertung der Klassenarbeit II1 13eSH2

	Nom	Prénom	I1	RER	REG	Golgi	Lyso.	Interme	Mikrot.	I2	I2a	I2b	I2c	II1	II2	II3	III1	IV1	IV2	Total	%		Schwierigkeitsstufen
1	Schüler	1	5,5	1	1,5	1	1	0	1	0,5	2	3	5	1,5	4,5	1,5	1,5	2,5	2,5	30			Wissen wiedergeben
2	Schüler	2	5,5	1	2	0,5	0,5	1	1	0	0,5	1	4	4	4	1	2	3	3	28			Wissen anwenden
3	Schüler	3	5,5	1	1,5	1	0	1	1	1	2,5	6	5,5	4,5	4,5	2,5	4	4	4	44			Daten analysieren und Probleme lösen
4	Schüler	4	3,5	1	1	0	1	0	0,5	1	2	3,5	4	1	1	2	2	0	0	20			
5	Schüler	5	4	1	2	1	0	0	0	0,5	0	0	3,5	5,5	1,5	2,5	3,5	4	3	28			Grüner Punkt: Mehr als 67%
6	Schüler	6	8	1	2	0	2	1	2	1	2	3,5	6	6	5	3	3,5	1,5	5,5	45			
7	Schüler	7	1	0,5	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0	2,5	0	0,5	0	0	0	1	6			Gelber Punkt: Zwischen 67 und 41%
8	Schüler	8	7	1	2	1	0,5	1	1,5	0,5	2	2,5	4	5	5,5	3	3,5	3,5	3,5	40			
9	Schüler	9	2	0	0	0,5	1	0	0,5	0	1	3,5	4	4,5	5	1	2	2,5	1,5	27			
10	Schüler	10	5	1	2	0	0,5	0	1	1	1,5	6	6,5	6	5	2	2	4	5	44			Roter Punkt: Unter 41%
11	Schüler	11	5	1	2	0,5	0,5	1	0	1	1,5	3,5	3,5	4	6	3,5	3	3	4	38			
13	Schüler	12	9	1	2	1	2	1	2	1	2	0,5	4,5	6	3,5	4	4,5	3	4	42			
14	Schüler	13	1	1	0	0	0	0	0	0	1	6	4	0,5	3	0,5	1	0,5	1,5	19			
15	Schüler	14	5,5	1	2	1	0	0	0,5	0,5	2,5	4,5	7	0	3,5	2	0,5	0	2	28			
16	Schüler	15	5,5	1	2	0,5	0,5	0	1,5	0,5	2	3,5	6	3	5	1,5	1	2	2	32			
17	Schüler	16	6	1	2	0,5	0,5	1	1	0,5	2,5	2,5	5	4,5	1	1,5	0	2,5	4	30			
18	Schüler	17	10	1	2	1	2	1	3	0,5	1,5	4	6	1,5	4	1	1,5	1,5	1,5	33			
19	Schüler	18	9,5	1	2	1	2	1	2,5	1	2,5	6,5	7	6	5,5	5	5	5	5	58			
21	Schüler	19	2,5	1	1,5	0	0	0	0	0	1,5	3	5,5	3	3	0,5	0	0	1	20			
22	Schüler	20	6	1	2	0,5	0,5	1	1	0,5	2,5	4,5	7	6	5,5	3	5	3,5	4,5	48			
23	Schüler	21	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0,5	1	0	3,5	4	2	0,5	0	1	1	14			
24	Schüler	22	5	1	2	0	0	0	2	0	2	4,5	8	0,5	1	1	1	2	1	26			
25	Schüler	23	5	1	1,5	1	1	0	0,5	0,5	1	3	2,5	5	3,5	2	3,5	2	2	30			
27	Schüler	24	4,5	0,5	1,5	1	0	0	1	1	2	2	5,5	3	4,5	1,5	0,5	1,5	2	28			
28	Schüler	25	1	1	0	0	0	0	0	1	2	4,5	5	6	5,5	2	2	2	1	32			
Mittelwert			4,9	0,88	1,46	0,52	0,64	0,42	0,94	0,6	1,7	3,3	5	3,6	3,7	1,9	2,1	2,2	2,6	31,6	47	55	
Max. Punkte			10	1	2	1	2	1	3	1	2,5	6,5	8	6	6	5	5	5	5	6			

6.8. Programm des Fachs der Zellbiologie für das Schuljahr 2015/2016

Enseignement secondaire technique		
Régime technique		
Division des professions de santé et des professions sociales		
Section SH		
BIOCE/ Biologie cellulaire		
Programme		
13SH		

Langue véhiculaire : allemand
Nombre minimal de devoirs par semestre : 1 devoir par semestre

Wichtige Bemerkungen	Das Fach der Zellbiologie soll, wie andere naturwissenschaftliche Fächer, die Schüler im Sinne der Wissenschaftpropädeutik auf Studien im Bereich der Naturwissenschaften vorbereiten, indem die Schüler Wissen, Arbeits- und Denkweisen der Naturwissenschaften erlernen. Zugleich soll der Unterricht das Interesse an den Naturwissenschaften fördern und eine allgemeinbildende Funktion besitzen, damit die Schüler Lebens- und Lernsituationen, die mit der Zellbiologie in Verbindung stehen, meistern können. Die behandelten Inhalte stehen mit dem Alltag der Schüler in Verbindung, ergänzen das Vorwissen der Schüler und sind von Bedeutung für Neuerkenntnisse in diesem Fach (neue Entdeckungen wie z.B. die Epigenetik). Zusätzlich dienen diese Inhalte dazu eine gesellschaftskritische Haltung bei den Schülern zu entwickeln (z.B. pro und contra genmanipulierte Lebensmittel). Hierbei soll die Verwendung von interdisziplinärem Wissen bevorzugt werden, da dieses besonders sinnstiftend ist. Es eignen sich besonders die Inhalte der Biochemie und der Humanbiologie, wobei auch Inhalte anderer wissenschaftlicher und nicht wissenschaftlicher Fächer miteinander verknüpft werden können.

Vorkenntnisse	Zellbiologische Inhalte der vorherigen Ausbildungsjahre, siehe : - Rahmenlehrpläne der „Biologie générale“ der Klassen 10e und 11e PS - Rahmenlehrpläne der „Biologie humaine“ und „Biochemie“ der Klasse 12e SI	
Lernziele	Kognitive Domäne: Die Schüler: - entwickeln ein Verständnis für die Funktionsmechanismen von lebenden Zellen. - erklären die Evolution als wichtige Quelle der biologischen Vielfalt. - wenden naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen an wie: o beobachten, beschreiben o vergleichen, analysieren, zusammenfassen o argumentieren, interpretieren und auswerten. - wenden die spezifische Fachsprache der Zellbiologie korrekt an. Affektive Domäne: Die Schüler: - diskutieren Auswirkungen der geschichtlichen und aktuellen Entdeckungen in der Zellbiologie auf das eigene/gesellschaftliche Leben. (Bioethische Diskussionen über Themen, wie zum Beispiel, die Fortschritte in der Reproduktionsmedizin oder der Gentechnologie) Psychomotorische Domäne: Die Schüler: - beherrschen den Umgang mit neuen Medien.	
Inhalt/Stunden-aufteilung **Thema**	**Zu behandelnde Punkte**	**Anzahl der Stunden**
Einleitung	**Mikroskopie** - Von groß zu klein (verschiedene Mikroskope) - Die Eukaryotenzelle im Überblick	2

Zellmembran	**Aufbau der Zellmembran**
	- Lipid-Doppelschicht
	- Membranproteine
	
	Membrantransport
	- Semi-Permeabilität
	- Diffusion und Osmose
	- Transporter
	- Ionenkanäle
	  o Membranpotential
	  o Signalübertragung in Nervenzellen
		4

Zellkontakte und Zellkommunikation	**Zellkontakte**: - Haftkontakte - Verschlusskontakte - Kommunikationskontakte	1
Zellkern, Erb-information und Proteinsynthese	**Struktur des Zellkerns** **DNS**: - Aufbau (kurze Wiederholung) - Kompaktierung und Epigenetik **Proteinsynthese** - Transkription und Translation (kurze Wiederholung) - Ribosomen	2

Intrazelluläre Kompartimente und Transport	**Kompartimente**
	- Endoplasmatisches Retikulum
	- Golgi-Apparat
	- Lysosome
	- Endosome
	
	Transport
	- Vesikulärer Transport
	- Proteinsortierung
	- Bläschentransport
	  o Endozytose
	  o Exozytose
		2

Zytoskelett
(fakultativ)
(1 zur Auswahl)
	Aktinfilamente
	- Struktur
	- Funktion (Beispiel : Muskelkontraktion)
	
	Intermediärfilamente
	
	Mikrotubuli und Zentriolen
	- Struktur
	- Funktion (Beispiel : Zellzyklus)
	  o Die Mitose
	  o Die Phasen des Zellzyklus
		5

Energie (fakultativ) (1 zur Auswahl)	**Glykolyse** **Zitronensäurezyklus** **Energiegewinnung** - Chloroplasten - Mitochondrien o Oxidative Phosphorylierung **Elektronentransport und Protonenpumpen**	5
Methoden und Lernmittel	- Einzel- und Kleingruppenarbeit - Fragend-entwickelnder Unterricht - Lehrervortrag - Exemplarisches Lernen - Situationsorientiertes Lernen - Problemorientiertes Lernen Die Verwendung von neuen Medien, wie Quellen, Bildern und Videos aus dem Internet, stellt für die Schüler ein unverzichtbares Muss in ihren zukünftigen Studien und Berufen dar. Deshalb sollen diese Medien mit in den Unterricht eingebunden und mit den Inhalten im Buch verknüpft werden. Fakultativ: Besuch des Luxembourg Centre for Systems Biomedicine im Scienteenslab (http://wwwde.uni.lu/lcsb/scienteens_lab/)	

Evaluation	Die formative Evaluation spielt eine wichtige Rolle bei der Kontrolle des Lernerfolges. Deshalb sollte vor jeder summativen Evaluation mindestens eine Unterrichtsstunde der formativen Evaluation gewidmet werden. Sowohl Hausaufgaben zur Wiederholung des Unterrichtsinhaltes, wie auch auto-evaluative Tests (z.B. über Internetplattformen) bieten sich an. Die summative Evaluation soll nicht nur Wissensfragen, sondern auch Transfer- und Applikationsaufgaben enthalten.
Obligatorische didaktische Unterlagen	- Ausgeteilte Unterrichtsvorlagen der Lehrperson - MENCHE Nicole, Biologie, Anatomie, Physiologie, Urban und Fischer Verlag, 7.Auflage, 2012
Zusätzliche Referenzen	- SCHÄFER Ulrich, ALBERTS Bruce, Molekularbiologie der Zelle, Wiley-VCH Verlag GmBH, 5. Auflage, 2011 - CAMPBELL, Neil A. und REECE, Jane B., Biologie - Der neue Campbell, Pearson, 8. Auflage, München, 2009.