



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Entwicklung und Evaluation von didaktisch optimierten realen und hyper-
medialen Experimenten für ein Physikpraktikum für Ernährungswissen-
schaften zum Thema Elektrizität

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasserin / Verfasser:	Jakob Bauer
Matrikel-Nummer:	0307381
Studienrichtung (lt. Studien- blatt):	A - 190 406 412
Betreuerin / Betreuer:	Ass.-Prof. Dr. Wilhelm Markovitsch

Wien, am 16.2.2010

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Grundlagen.....	4
2.1. Didaktische Rekonstruktion.....	4
2.1.1. Fachliche Klärung.....	5
2.1.2. Erfassung der Lernerperspektive.....	5
2.1.3. Didaktische Strukturierung.....	6
2.1.4. Konstruktivistische Beschreibung von Kognition und Lernen.....	7
2.1.5. Elementarisieren.....	9
2.1.6. Weitere Kriterien für die didaktische Rekonstruktion	10
2.1.7. Alltagsbezug im Physikunterricht.....	12
2.1.8. Vereinfachung durch Experimente.....	13
2.2. Einsatz neuer Medien und eLearning.....	16
2.2.1. Das didaktische Dreieck virtuellen Lernens.....	18
2.2.2. Zwei Typen virtueller Lehre.....	19
2.2.3. Die Gestaltung einer virtuellen Lernumgebung.....	20
2.2.4. Multimediale Lernhilfen	21
3. Entwicklung, Aufbau und Inhalte der Übungseinheit E.....	24
3.1. Einleitung und Vorgaben.....	24
3.2. Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis.....	25
3.3. Der Wasserstromkreis als Modell für den elektrischen Stromkreis	26
3.4. Passende Experimente für das selbstständige Arbeiten während des Praktikums.....	30
3.5. Gestalten und Überprüfen der neuen Experimente.....	34
3.5.1. Leitwert eines Elektrolyten.....	34
3.5.2. Ionenwanderung sichtbar machen.....	35
3.5.3. Leitwert unterschiedlicher Drähte.....	36
3.6. Das Konzept der Übungseinheit E.....	36
3.6.1. Grundlagen der Elektrizität.....	37
3.6.2. Nachbereitung und Vertiefung.....	37
3.7. Aufbereitung der Experimente.....	38
3.8. Erstellen des Arbeitsbuchs.....	39
4. Entwicklung, Aufbau und Inhalte der Übungseinheit W.....	45
4.1. Einleitung und Vorgaben.....	45
4.2. Gestaltung der Experimente.....	45
4.3. Konzept der Onlineeinheit W.....	50
4.3.1. Wechselstrom.....	50
4.3.2. Wechselstromwiderstände.....	50
4.3.3. Bioimpedanzanalyse.....	51
4.4. Produktion der Filme zur Bioimpedanzanalyse.....	51
4.5. Erstellen der Online-Lerneinheit W in der hypermedialen Lernumgebung.....	53
5. Deskriptive Analyse der Übungseinheiten.....	64
5.1. Evaluationsstrategie	64
5.2. Theoretischer Rahmen und Methodenbeschreibung.....	66
5.2.1. Narrative Interviews mit Studierenden zur Übungseinheit E.....	67
5.2.2. Beobachtung mit dem Aktionsforschungsraster zu den Übungseinheiten E und W.....	69
5.2.3. Narratives Interview mit Kursleiter zur Übungseinheit E.....	72
5.2.4. Online-Verlaufsprotokolle der Übungseinheit W.....	72
5.2.5. Anregungen der Kursbetreuer zur Übungseinheit W.....	73

5.2.6. Fragebogen Post.....	73
5.3. Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Übungseinheit E.....	74
5.3.1. Ergebnisse der narrativen Interviews mit den Studierenden.....	74
5.3.2. Ergebnisse der Beobachtungen mit dem Aktionsforschungsraster.....	76
5.3.3 Ergebnis des narrativen Interviews mit einem Kursleiter.....	77
5.4. Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Übungseinheit W.....	78
5.4.1. Ergebnisse der Online-Verlaufsprotokolle.....	78
5.4.2. Ergebnisse der Beobachtungen mit dem Aktionsforschungsraster.....	80
5.4.3. Ergebnisse der Anregungen der Kursbetreuer.....	81
5.5. Ergebnisse des Fragebogens Post.....	81
5.5.1. Lerntypen.....	82
5.5.2. Lernstrategie.....	85
5.5.3. Anstrengungsbereitschaft.....	87
5.5.4. Nutzungstypen.....	88
5.5.5. Lerntypen.....	90
5.5.6. Unterlagen.....	92
5.5.7. Ausrüstung.....	92
5.5.8. Aufgaben.....	92
5.5.9. Relevanz.....	92
5.5.10. Onlineeinheit W – Anforderungen und Aufwand.....	92
5.5.11. Onlineeinheiten – studentische Qualitätsbeurteilung.....	95
5.5.12. Präsenzeinheit E.....	97
5.5.13. Präsenzeinheiten.....	98
5.5.14. Experimente selbst durchführen.....	100
5.5.15. Rechnerisches Auswerten von Messdaten.....	103
5.6. Resümee aller qualitativen Ergebnisse der Übungseinheit E.....	104
5.7. Resümee aller qualitativen Ergebnisse der Übungseinheit W.....	105
6. Zusammenfassung und Ausblick.....	106
7. Anhang.....	108
7.1. Fragebogen des Posttests - siehe beigelegte CD-ROM.....	108
7.2. Arbeitsbuch der Präsenzeinheit E – siehe beigelegte CD-ROM.....	108
7.3. Die Onlinelernumgebung der Onlineeinheit W.....	108
A Materialien.....	109
Literaturverzeichnis.....	109
Lebenslauf.....	114

1. Einleitung

Die folgende Arbeit ist eine Fortführung der Arbeiten von Nagel (2009) und Wolny (2010). Nagel entwickelte im Rahmen eines hochschuldidaktischen Dissertationsprojektes eine contentbasierte eLearning-Umgebung für die physikalischen Grundpraktika. Daran anschließend legte Wolnys Diplomarbeit den Grundstein für die Neugestaltung der Übungen zur Physik für Studierende der Ernährungswissenschaften. Wolny recherchierte Vorkenntnisse der Studierenden, legte neue Ziele für die neu zugestaltende Lehrveranstaltung fest und dokumentierte die Erstellung der ersten beiden neuen Übungseinheiten.

Die vorliegende Diplomarbeit beschreibt die Überarbeitung und Neugestaltung zweier weiterer Übungseinheiten für die Übungen zu Physik für Ernährungswissenschaften. Wolnys Forschungsergebnissen entsprechend wurden die Einheiten nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion neu gestaltet.

Im Zuge der didaktischen Rekonstruktion wurden die Mittel und Wege so gewählt, dass ein Lernprozess nach dem Prinzip des konstruktivistischen Hochschulpraktikums (vgl. Theyßen 1999 und Neumann 2004) möglich ist. Die Übungseinheiten bauen also auf keinem beziehungsweise lediglich im Rahmen der Übungen erworbenen Vorwissen und Vorkenntnissen auf. In Kapitel 2 der vorliegenden Arbeit werden die fachdidaktischen Grundlagen, auf denen die Entwicklung der Übungseinheiten basieren, erläutert.

In Kapitel 3 ist die didaktische Rekonstruktion der Präsenz-Übungseinheit "E - Grundlagen der Elektrizität" dokumentiert, in Kapitel 4 jene, der Online-Übungseinheit "W - Wechselstrom, Wechselstromwiderstände, Bioimpedanzanalyse“.

Anschließend wurden die neuen Einheiten getestet, deskriptiv evaluiert und die Ergebnisse im Hinblick auf die Verbesserung der Lehrveranstaltung analysiert.

Im Sinne der Gleichbehandlung von Männern und Frauen sei gesagt, dass alle Bezeichnungen geschlechtsneutral zu verstehen sind.

2. Grundlagen

2.1. Didaktische Rekonstruktion

Das Modell der didaktischen Rekonstruktion ist ein Modell zur Entwicklung von Lernumgebungen oder Lerneinheiten für jegliche Art des Lerngeschehens.

„Die didaktische Rekonstruktion umfasst sowohl das Herstellen pädagogisch bedeutsamer Zusammenhänge, das Wiederherstellen von im Wissenschafts- und Lehrbetrieb verloren gegangenen Sinnbezügen, wie auch den Rückbezug auf Primärerfahrungen sowie auf originäre Aussagen der Bezugswissenschaften.“
(Kattman, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997)

Nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion wird ein komplexes Fachgebiet in elementare Sinneinheiten zerlegt und diese anschließend, möglichst den Bedürfnissen der Lernenden angepasst, neu zusammengefügt.

Um einen Unterrichtsgegenstand nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion zu entwickeln führt Theyßen (1999) folgende drei Komponenten fachdidaktischer Arbeit an:

- Fachliche Klärung
- Erfassung der Lernperspektive
- Didaktische Strukturierung

Die ersten beiden Komponenten fallen in den Bereich der fachdidaktischen Forschung, während die didaktische Strukturierung Entwicklungsarbeit ist.

Im Folgenden wird die didaktische Strukturierung genauer behandelt, weil diese die Grundlage für die vorliegende Arbeit war.

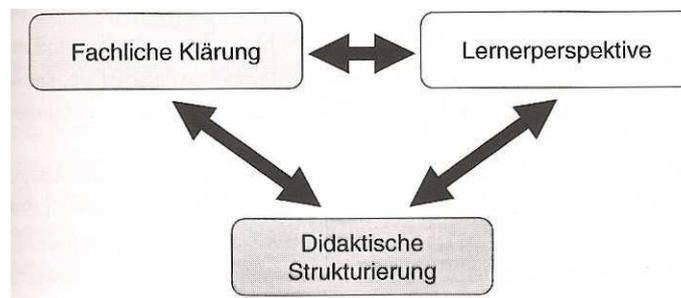
Da jedoch die didaktische Strukturierung auf den ersten beiden Punkten aufbaut und diese einander beeinflussen, werden auch sie kurz beschrieben.

2.1.1. Fachliche Klärung

Die fachliche Klärung soll festlegen, was den Lernenden vermittelt werden soll. Welche Lernziele erreicht werden müssen und mit welchen Inhalten dies geschehen soll. Bei fächerübergreifenden Themen müssen die Experten der beteiligten Fachwissenschaften zusammen an der fachlichen Klärung arbeiten.

Die fachliche Klärung beinhaltet folglich die Abklärung der Ziele, Themen und Inhalte der Lerneinheit.

Theyßen (1999) merkt jedoch an, dass die Auswahl der Themen als Bestandteil der fachlichen Klärung, bereits stark durch die beiden anderen Komponenten, die Lernperspektive und die didaktische Strukturierung beeinflusst wird (Abbildung 1).



*Abbildung 1: Modell der didaktischen Rekonstruktion-
Abbildung nach Neumann (2004)*

Dies ist nachvollziehbar, weil auch Vorkenntnisse der Lernenden sowie technische und organisatorische Auswahlkriterien berücksichtigt werden müssen. Dazu sind Zielbefragungen und Lernprozessstudien notwendig.

2.1.2. Erfassung der Lernerperspektive

Um zu wissen, auf welchem Niveau, mit welchem Konzept und mit welchen Versuchen eine Lerneinheit aufgebaut werden soll, muss zuerst die Lernerperspektive erforscht werden.

Theyßen (1999) schreibt dazu, „dass die Bedeutungsentwicklungsprozesse maßgeblich vom Vorwissen und den Vorstellungen sowie Einstellungen der Studierenden zur Physik abhängen“.

Zur Erfassung der Lernerperspektive gehören folglich Untersuchungen zu individuellen Lernvoraussetzungen, dem *Vorwissen*, den *Vorstellungen* und *Einstellungen* der Lernenden zum jeweiligen Thema.

Ebenfalls untersucht gehören die Bedeutungsentwicklungsprozesse der Lernenden in der betreffenden Lernumgebung.

2.1.3. Didaktische Strukturierung

Bei der didaktischen Strukturierung müssen die vorangegangenen Schritte der fachlichen Klärung und der Erfassung der Lernperspektive berücksichtigt werden.

Die didaktische Strukturierung befasst sich mit dem inhaltlichen und methodischen Aufbau eines Unterrichtsgegenstandes.

Sind Ziele, Aufgaben und Rahmen, sowie Ausgangssituation bekannt, kann die Entwicklungsarbeit der didaktischen Strukturierung beginnen.

Es ist jedoch zu beachten, dass es auch während der Arbeit der didaktischen Strukturierung zu Änderungen und Verbesserungen der beiden anderen Komponenten kommen kann.

„Wesentliches Merkmal der didaktischen Rekonstruktion ist, dass die drei Komponenten nicht sukzessive erarbeitet werden, sondern sich gegenseitig beeinflussen und voneinander profitieren.“ (Theyßen, 1999)

Die beiden ersten Komponenten beziehen sich auf die Auswahl und Darstellung der Inhalte, die Form der Anleitung, die Art der Aufgabenstellung, sowie den Ablauf der Lernphasen.

Mit diesen Vorgaben kann mit der didaktischen Strukturierung begonnen werden.

Um möglichst gut auf die Bedürfnisse der Lernenden eingehen zu können, ist es notwendig, sich zuerst mit dem Lernprozess an sich auseinander zu setzen.

2.1.4. Konstruktivistische Beschreibung von Kognition und Lernen

Die konstruktivistische Beschreibung eines Lernvorgangs besagt, dass eine Bedeutung vom Lernenden selbst durch den Vorgang des Erkennens konstruiert wird. Dies ist die Hauptaussage mehrerer philosophischer Varianten des Konstruktivismus.

„Eine Grundannahme des radikalen Konstruktivismus ist, dass Bedeutung im kognitiven System immer situativ konstruiert wird.“ (Theyßen, 1999)

Theyßen (1999) beschreibt dies folgendermaßen: Neue Bedeutungen entwickelt das Gehirn durch Vorerfahrungen und durch die Aufnahme und Verarbeitung externer Signale. Diese Signale können Bedeutungskonstruktionen initiieren und orientieren. Die Bedeutungen entstehen also aufgrund von Vorerfahrungen und neuen Reizen. Die neuen Signale können die Konstruktion jedoch nur leiten aber nicht übertragen. Bedeutungen werden mit einer Struktur zu deren Erzeugung gespeichert. Die Veränderung oder Weiterentwicklung besteht folglich in der Änderung der Struktur, in der die Bedeutung eingebettet ist. Um eine neue Struktur dauerhaft zu festigen, ist eine wiederholte Nutzung und Anwendung der neuen Struktur notwendig. Um Neues und neue Bedeutungen, also Strukturen aufnehmen zu können, müssen die vorhandenen Strukturen durch externe Signale erweitert werden. Somit kann die Bedeutungskonstruktion als Zusammenarbeit von Wahrnehmung, Erwartung und Handlung veranschaulicht werden.

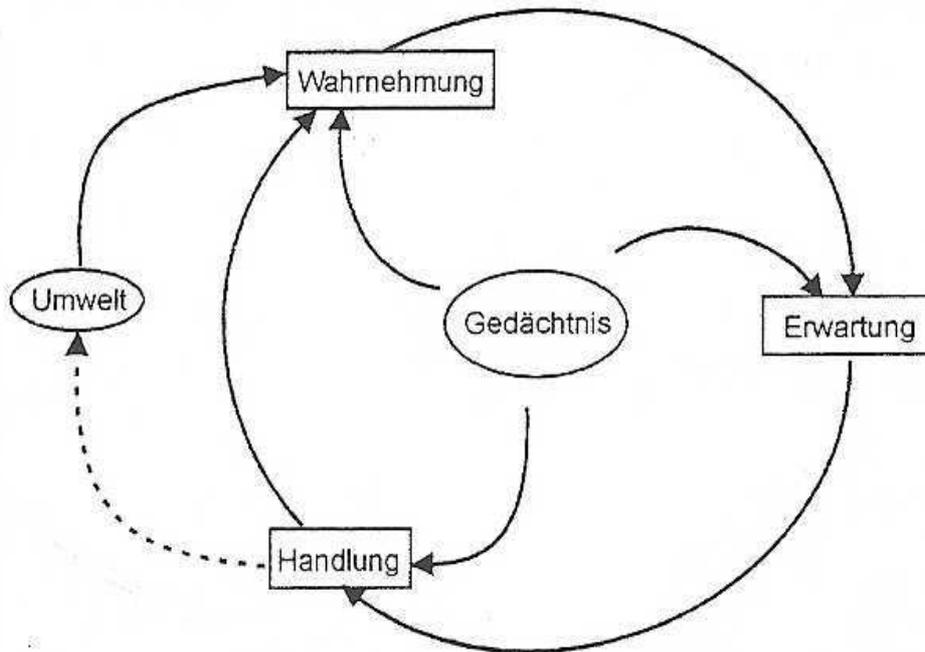


Abbildung 2: Einflussfaktoren von Bedeutungskonstruktionen, nach Welzel 1995 (Theyßen 1999)

Die Wahrnehmung wird nach Welzel (1995) durch vorhandene Strukturen und externe Signale beeinflusst. Es entsteht eine Erwartung, die Handlungen steuert und initiiert. Die Handlung kann zu einer Interaktion mit der Umwelt führen. Durch die Interaktion kann eine neue Wahrnehmung entstehen, die mit der Erwartung verglichen und gegebenenfalls eine Strukturfestigung oder Strukturänderung hervorruft.

Die Vernetzung der kognitiven Strukturen stellt einen Selbstorganisationsprozess dar, welchen das Modell der didaktischen Rekonstruktion mit aufeinander folgenden und aufbauenden Bedeutungskonstruktionen unterstützen soll.

Die wissenschaftliche Struktur muss also nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion zuerst aufgebrochen werden um anschließend so wieder zusammengestellt zu werden, dass für den Lernenden eine, ihm auf den Leib geschneiderte Lernumgebung entsteht, die ihn schrittweise zum Lernziel führt.

„Der didaktische bearbeitete Gegenstand wird damit komplexer als der fachwissenschaftliche. Diese Komplexität ist nötig, damit die Schülerinnen und Schüler angemessene Vorstellungen entwickeln können.“ (Kattman et al., 1997)

2.1.5. Elementarisieren

„Unter dem Begriff der Elementarisierung werden Bemühungen zusammengefasst, die sich mit der Anpassung der wissenschaftlichen Sachstruktur an die Fähigkeit der Lernenden beschäftigen.“ (Kattman et al., 1997)

Wie Comenius (1954) forderte, dass jeder Sachverhalt so dargestellt werden könne, dass jeder ihn im Kern verstehen würde, sollte es bei entsprechender Aufbereitung nach Kircher, Girwidz und Häußler (2001) möglich sein, schwierige Begriffe und komplexe Geräte zunächst zu elementarisieren, das heißt so vereinfachen, so zerlegen, dass sie von einer bestimmten Adressatengruppe gelernt werden können.

Für viele Gebiete gibt es bereits Elementarisierungen, wobei ein Teil davon allgemein anerkannt ist, über manche Teile intensiv diskutiert wird. Reinhold (2006) führt einige heuristische Verfahren, zur „Konstruktion von Elementarisierungen unter dem Aspekt der Vereinfachung der Sachstruktur“ an.

Heuristische Verfahren zur Konstruktion von Elementarisierungen

a) Reduktion auf das Qualitative

Es werden physikalische Größen auf ihre qualitativen Merkmale verringert um die Komplexität zu verringern. Damit ist eine Vereinfachung verbunden, die jedoch nicht als Simplifizierung zu verstehen ist, sondern als didaktische Reduktion auf das Wesentliche.

Auch der Abstraktionsgrad wird dadurch sehr stark verringert.

Eine weitere Vereinfachung stellt der Rückgriff auf frühere historische Entwicklungsstufen dar. Frühere Entwicklungsstufen von Begriffen oder Theorien sind oft weniger komplex und stellen den Sachverhalt für Lernende gut dar.

b) Vernachlässigung von Einflussfaktoren

Eine weitere Maßnahme ist die Vernachlässigung von Einflussfaktoren, die das Ergebnis nicht wesentlich beeinflussen. Auch Theorien oder Modelle können Vernachlässigungen enthalten.

c) Generalisierung

Anhand weniger Beispiele und Erfahrungen werden ohne zusätzliche Begründungen universelle Gültigkeiten aufgestellt, auch wenn im Nachhinein Ausnahmen vorgestellt werden.

d) Partikularisierung

Anstatt sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Fällen anzusehen, konzentriert man sich auf ein Musterbeispiel. Dabei tritt der universelle Charakter in den Hintergrund, auf welchen nach der Festigung des konkreten Falls eingegangen werden kann.

e) Überführung in bildhafte oder symbolische Darstellungen

Konkrete Anschauungen über einen Lerninhalt in Form von Bildern oder von mentalen Modellen erleichtern die Verarbeitung von sprachlichen Informationen. Dies stellt eine Vereinfachung dar, weil die Darstellungen die Komplexität verringern.

f) Gegenständliche Modelle und Analogien

Durch Betrachtung eines vertrauten und analogen Sachverhalts kann ein nur schwer vorstellbarer Sachverhalt zugänglicher gemacht werden.

Reinhold (2006) führt jedoch weiter aus: „Elementarisierung bedeutet allerdings mehr als die Vereinfachung eines Sachverhalts. Bei der Auswahl und Begründung der Inhalte des Physikunterrichts geht es nicht nur darum.“

Viel mehr geht es darum, die Elemente so zu rekonstruieren, dass der Inhalt den Bildungsprozess der Lernenden unterstützt.

2.1.6. Weitere Kriterien für die didaktische Rekonstruktion

Die Einstellungen und Interessen der Lernenden sind neben Untersuchungen zu Schülervorstellungen und Vorerfahrungen gute Ausgangspunkte für den strukturellen und methodischen Aufbau. Zu einem großen Teil wurde diese schon in den beiden Komponenten der didaktischen Rekonstruktionen der fachlichen Klärung und der Erfassung der

Lernperspektive für die gegenständliche Lehrveranstaltung im Rahmen der Diplomarbeit von Wolny (2010) erforscht. Laut Weltner (2006) sollte die didaktische Rekonstruktion vier Kriterien genügen:

1) fachgerecht

Der Ausdruck relativiert das Begriffspaar fachlich richtig – fachlich falsch. Es sollen auch Modellvorstellungen oder Analogien benutzt werden, um einen Sachverhalt zu beschreiben, obwohl das Modell außerhalb eines Bereichs falsch ist.

Weiters muss jedoch bei der Elementarisierung berücksichtigt werden, dass eine einmal gewählte Elementarisierung trotzdem entwicklungsfähig sein muss. An sie sollte auf einer höheren Entwicklungsstufe möglichst nahtlos, ohne Umlernen, angeknüpft werden können.

2) schülergerecht

Dieses Kriterium gibt vor, entwicklungspsychologische Aspekte so wie Vorwissen, Vorverständnis und Alltagserfahrungen der Lernenden zu berücksichtigen. Aufgrund verschiedenster Alltagserfahrungen zu physikalischen Phänomenen haben Lernende bereits fixe Vorstellungen zu Begriffen und Prinzipien. Duit (1993) schreibt dazu: „Die meisten dieser Vorstellungen stimmen mit den zu lernenden physikalischen Vorstellungen nicht überein, häufig stehen sie im völligen Gegensatz zu ihnen. Es hat sich gezeigt, dass hier eine Ursache vieler Lernschwierigkeiten liegt.“ Dieser Satz zeigt wie wichtig es ist, sich zuerst mit den Vorstellungen der Lernenden auseinander zu setzen um eventuellen Lernschwierigkeit bereits im Vorfeld entgegenwirken zu können.

3) zielgerecht

Wenn eine neue Lernstruktur entwickelt wird, soll diese vom Lernziel abhängig sein. Das zielgerechte Lernmuster soll aus der Sicht des Lernenden relevante Dinge mit physikalischen Inhalten verknüpfen.

4) erweiterbar

Bei der Elementarisierung muss berücksichtigt werden, dass eine einmal gewählte Elementarisierung trotzdem entwicklungsfähig sein muss. An sie sollte auf einer höheren Entwicklungsstufe möglichst nahtlos, ohne Umlernen, angeknüpft werden können.

2.1.7. Alltagsbezug im Physikunterricht

Der Vergleich mit Schulunterricht ist für die gegenständliche Hochschullehrveranstaltung "Übungen zu Physik für Ernährungswissenschaften" insofern relevant, da es sich hierbei um sogenannte "Service- oder Nebenfachlehre handelt, die inhaltlich am oder unterhalb des Levels von Schulphysik der Sekundarstufe 2 ansetzen muss, um den Bedürfnissen der Studierenden gerecht zu werden (vgl. Wolny 2010).

Müller (2006) beschreibt die Problematik des Physikunterrichts folgendermaßen: „Es zeigt sich die synthetische Wirklichkeit: Die Begriffe und Inhalte des Physikunterrichts werden in einem reinen Schulkontext erlebt. Inhaltlich hat die Schulwirklichkeit mit der Welt draußen kaum etwas zu tun.“

Er beschreibt und begründet dies mit folgenden drei Punkten:

- Im Physikunterricht sieht man Dinge, die man sonst nirgendwo sieht.
- Im Physikunterricht verwendet man Wörter, die man sonst nirgendwo benötigt.
- Im Physikunterricht tut man Dinge, die man sonst nirgendwo tut.

Die logischen und auch verständlichen Erklärungen der Physik werden zwar oft erlernt und auch verstanden, aber dort, wo man dieses Wissen dann brauchen und anwenden könnte, nämlich in der Wirklichkeit, ist es sehr oft nicht verfügbar. Der Grund dafür ist, dass die praktische Nutzung sehr oft nicht mitgelehrt und mitgelernt wurde. Gerade dies soll aber nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion jedoch unterstützt werden. Es werden also mehr Alltagskontexte und Alltagsbezüge in den Unterricht eingebunden. Es gibt dazu laut Müller (2006) zwei Möglichkeiten, eine Alltagsorientierung des Lerninhalts zu erreichen.

- **fachlich orientiertes Lernen mit eingebetteten Alltagsbezügen**
Der Alltagsbezug wird immer in die Lerninhalte eingebaut. Die Lernstruktur wird durch die physikalische Fachsystematik vorgegeben.
- **Lernen anhand authentischer Kontexte**

Hier wird von einer konkreten Problemsituation ausgegangen, die so gewählt wurde um physikalisches Wissen vermitteln zu können. Hier steht das Problem im Mittelpunkt, welches mit physikalischem Wissen gelöst werden soll. Da dies meist komplexer ist, erfordert dies zurückliegende und neue Sachverhalte miteinander zu verknüpfen.

Um passende Alltagsprobleme zu finden sollte man jedoch nicht den Fehler begehen, authentische Kontexte vorzuspielen. Künstliche Kontexte zu schaffen, um dem Lernenden eine Motivation zu bieten, ist eher kontraproduktiv.

Im idealen Fall sind die Alltagsprobleme an den Lernenden angepasst und behandeln dessen Erfahrungsbereich.

2.1.8. Vereinfachung durch Experimente

„Das Experiment ist in der wissenschaftlichen Forschung ebenso wie im naturwissenschaftlichen Unterricht eine fundamentale Untersuchungsmethode.“ (Berger, 2007)

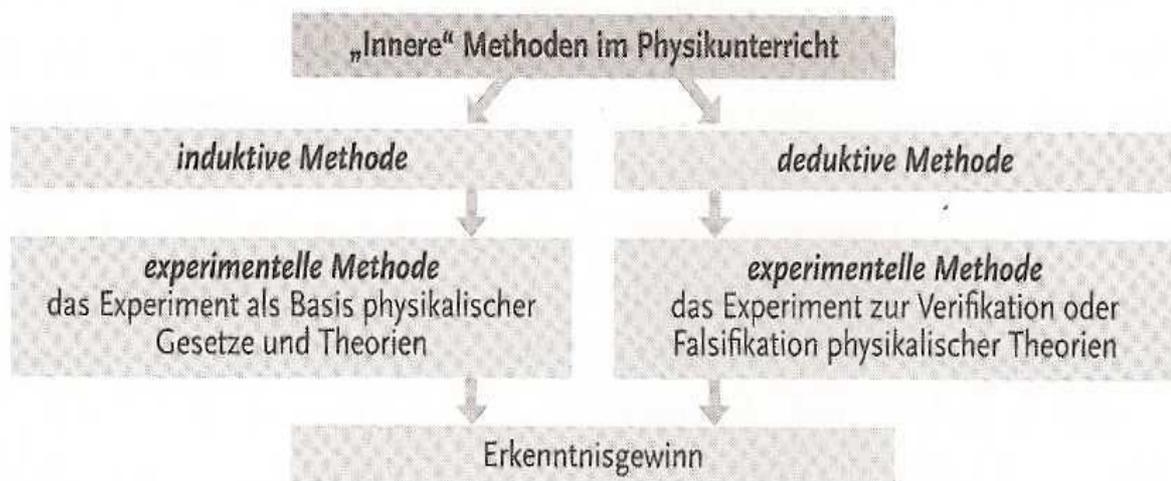


Abbildung 3: Einordnung der experimentellen Methode nach Berger (2007)

Experimente können sowohl als Verifikation oder Falsifikation physikalischer Theorien (deduktive Methode), als auch als Basis für Gesetze und Theorien (induktive Methode) benutzt werden (siehe Abbildung 3).

Es ist zwar so, dass sich eine allgemeingültige Theorie nicht durch ein spezielles Experiment bestätigen lassen kann, doch bieten Experimente einen guten Zugang zu physikalischen Zusammenhängen.

Nach Reinhold (1996) lassen sich die didaktischen Funktionen des Experiments in folgenden Ebenen zusammenfassen.

1. Die pädagogische Funktion: Der Lernende entwickelt eine Beobachtungsgabe und ein kritisches Beurteilen des Messergebnisses.

2. Psychologische Funktion: Das Experiment motiviert und weckt Interesse.

3. Wissenschafts- und erkenntnistheoretische Funktion: Es wird ein Bezug zu wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen hergestellt. Weiters ist das Experiment Methode und Gegenstand des Erkenntnisprozesses des Lernens.

4. Fachliche Funktion: Experimente unterstützen die Entwicklung von Theorien und Bildung von Begriffen.

Da es sich bei den zu erstellenden Arbeitsbüchern nur um „Schülerexperimente“¹ in einem physikalischen Hochschulpraktikum handeln wird, soll nun die Frage behandelt werden, wann ein Experiment sich für diese eignet und welche Vorteile das Praktikumsexperiment aufweisen kann. Um zu beurteilen, ob ein Experiment als Praktikumsexperiment zu gebrauchen ist, müssen nach Berger (1997) diese Frage gestellt werden:

- Ist das Experiment inhaltlich als Praktikumsexperiment geeignet?
- Lässt die Ausstattung/die Gerätebasis eine Durchführung als Praktikumsexperiment zu?
- Sind die Räumlichkeiten für das Experiment geeignet?
- Steht für das Experiment genügend Zeit zu Verfügung?
- Lässt das Praktikum das Experiment in geeigneten Gruppen zu?
- Welche Kompetenzen sollen bei den Lernenden entwickelt werden?
- Wie erfolgt die Ergebniskontrolle?

¹ In Folge „Praktikumsexperimente“ genannt, da es sich genau genommen um Studierende der Ernährungswissenschaften und nicht um Schüler handelt

Sind diese Punkte erfüllt, bietet ein selbst durchgeführter Versuch folgende Vorteile gegenüber Demonstrationsexperimenten.

- Die physikalischen Gesetze und Zusammenhänge werden intensiver erlebt.
- Die geistigen Tätigkeiten und mentale Techniken werden gefördert.
- Es werden manuelle Fähigkeiten und Fertigkeiten erworben.
- Praktikumsexperimente bieten einen Methodenwechsel an und gestatten Differenzierungsmöglichkeiten und individuelle Zuwendungen.

Die große Schwierigkeit dabei ist nun, den Lernenden in einem zeitlich sehr beschränkten Rahmen möglichst großen Spielraum für das eigene Problemlösen anzubieten. Veit (2006) schreibt dazu: „Experimentieranleitungen dürfen nicht zu kleinschrittigen, dogmatischen „Kochanleitungen“ mutieren, sollen aber klare Arbeitsaufträge beinhalten, die zu kreativen Lösungen herausfordern.“

Engeln (2006) schreibt jedoch dazu: „Wenn Schülerversuche nicht entsprechend der didaktischen Absicht ausgewählt und der Lerngruppe angepasst werden, sind sie auch keine Bereicherung für den Unterricht.“ Es muss also je nach Lernenden ein entsprechendes Konzept erarbeitet werden und dieses angepasst an die Lernvoraussetzungen passend gestaltet werden. Bietet man einem Anfänger zu wenig Anweisungen, ist dieser sehr schnell frustriert, da er ohne fremde Hilfe nicht arbeiten kann. Es muss folglich ein guter Weg gefunden werden, der selbstständiges Arbeiten unterstützt und trotzdem eigenständiges Arbeiten ermöglicht.

Das Experiment soll Hypothesen überprüfen oder erarbeiten. Dies ist jedoch nur mit entsprechendem theoretischen Wissen möglich. Das eigenständige Forschen setzt also voraus, dass die Lernenden Fragestellungen selbst entwickeln können. Dies ist eine sehr hohe Anforderung an die Lernenden. Engeln (2006) schreibt dazu: „Das Durchführen eigener Forschung muss immer einen gewissen Grad an Offenheit besitzen, dieser darf die Schülerinnen und Schüler jedoch nicht überfordern.“ Engeln führt für eine Lernumgebung, die einen effektiven Einsatz von Schülerversuchen ermöglicht, einige Forderungen an :

Schülerversuche müssen entsprechend der didaktischen Absicht konzipiert und ausgewählt werden. Laut Engeln erfordert dies eine geeignete Einbettung der Experimente und eine subtile Balance zwischen Theorie und Experiment, sowie zwischen Instruktion und Konstruktion.

Weitere Anforderungen an Praktikumsexperimente sind:

- Die Versuche sollten Herausforderungen darstellen.
- Ziel und Zweck der Versuche müssen einsichtig sein.
- Es sollten keine kochbuchartigen Rezepte umgesetzt werden.
- Hinreichende Kontrolle über die Planung der Arbeit sowie Selbstständigkeit bei der Durchführung muss gegeben sein, ohne zu überfordern.
- Experimente müssen funktionieren und den Lernenden Kompetenzerlebnisse vermitteln.

Mit all diesen Informationen ergeben sich schließlich Schrittfolgen und Methoden beim Erlernen von neuen Begriffen und Theorien.

2.2. Einsatz neuer Medien und eLearning

Unter eLearning (electronic Learning) versteht man nach Kerres (2001) alle Formen des Lernens, bei denen neue Medien (Medien, deren technologische Basis auf der digitalen Informationsverarbeitung liegt) für die Präsentation und Distribution von Lernmaterialien zum Einsatz kommen.

Nach Paivio (1986) ist je nach Kodierungsform der externalen Information, die die individuumsinternen Begriffsbildungsprozesse unterstützen, eine andere Verarbeitung der Repräsentation zu erwarten. Es wird analoge (Wörter, Zahlen) und duale Kodierung (Bilder, Diagramme) unterschieden.

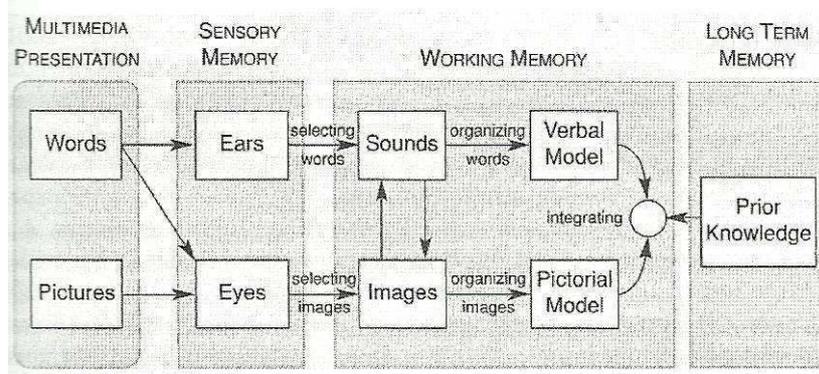


Abbildung 4: Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer (2001)

Die Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer (2001) beschreibt das Lernen als einen individuumsinternen und mehrschrittigen Prozess des Aufbaus mentaler Repräsentationen auf Basis externer Information. Dieser Ansatz, welcher in Abbildung 4 graphisch dargestellt wird, ist ähnlich jenem der konstruktivistischen Lerntheorie.

Nach Nagel (2009) ist es vielfach belegt, dass duale Informationspräsentationen verglichen mit einer singulären Informationspräsentation zu besseren Lerneffekten führen können. Nach Schnotz & Bannert (1999) ist eine duale Kodierung für den Lernprozess bedeutend, da unterschiedliche mentale Repräsentationen auch unterschiedliche Nutzungseigenschaften aufweisen, welche Einfluss auf die Lerneffizienz haben. Diese finden im Arbeitsgedächtnis und nicht im Langzeitgedächtnis statt und unterliegen dort spezifischen Rahmenbedingungen. Nagel (2009) fasst für eLearning-Szenarien im physikalischen Anfängerpraktikum Erkenntnisse aus der Lernpsychologie sinngemäß zusammen, dass der Einsatz neuer Medien die Möglichkeiten von dualer hin zu multipler Informationspräsentation über die bloße Text-Bild-Kombination hinaus erweitert.

Schnotz, Molz und Rinn (2004) schreiben dazu, dass der Einsatz neuer Medien jedoch nicht intendiert, dass traditionelle Formen des Lehrens und Lernens auf diese Medien übertragen werden, sondern Neue Medien vielmehr neue Möglichkeiten der Realisierung anderer methodischer Ansätze eröffnen, die zuvor nicht praktiziert werden konnten. Damit entstehen neue Anforderungen an den Lehrenden genauso wie an die Lernenden. Dies sind sowohl technische als auch mediendidaktische Herausforderungen. Nach Brünken & Leutner (2008) liegt die Schwierigkeit darin, dass der Lernende für einen effektiven Wissenserwerb einerseits die einzelnen Repräsentationen verstehen muss, aber andererseits auch deren Beziehungen untereinander auffinden und verstehen muss.

Eine eLearning Lernumgebung stellt nach Bell (2007) eine Mini-Welt dar, die den Studierenden im Optimalfall gerade die Komplexität bietet, die sie eigenständig bewältigen können. Nach Reinmann-Rothmeier (2003) gibt es drei große Bereiche, in denen der Einsatz neuer Medien großes Potential aufweist:

- **Hypermediale Darstellung von Lehr/Lerninhalten mit neuen Medien**

Durch die Integration verschiedener Repräsentationsformen auf Basis unterschiedlicher Informationspräsentationen können neue Lern/Lehrinhalte anschaulicher dargestellt werden. Durch den richtigen Einsatz neuer Medien kann man eine höhere Motivation und bessere Behaltenseffekte bei den Lernenden erreichen.

- **Kooperatives Lernen**

Durch den Einsatz neuer Medien werden neue Kommunikations- und Kooperationsformen eröffnet, die neue Formen sozialen Lernens ermöglichen.

- **Selbstgesteuertes Lernen**

Das Lernen wird ort- und zeitunabhängig. Der Lernende hat jederzeit Zugriff auf die Inhalte und der Einsatz neuer Medien eröffnet neue Möglichkeiten der Verteilung von Lern/Lehrprozessen .

2.2.1. Das didaktische Dreieck virtuellen Lernens

Aus obigen drei Punkten ist zu erkennen, dass das Lernobjekt beim Lernen mit neuen Medien mehr in den Vordergrund tritt. Der Lehrende ist für die Aufbereitung des Lernobjekts verantwortlich, aber der tatsächliche Lernprozesses konzentriert sich auf die Auseinandersetzung mit dem Lernobjekt.

„In virtuellen Lernumgebungen für individualisiertes Lernen steht nicht die Lerngruppe und ihr gemeinsamer Lernprozess im Vordergrund, sondern das Lernobjekt.“ (Schulmeister, 2004)

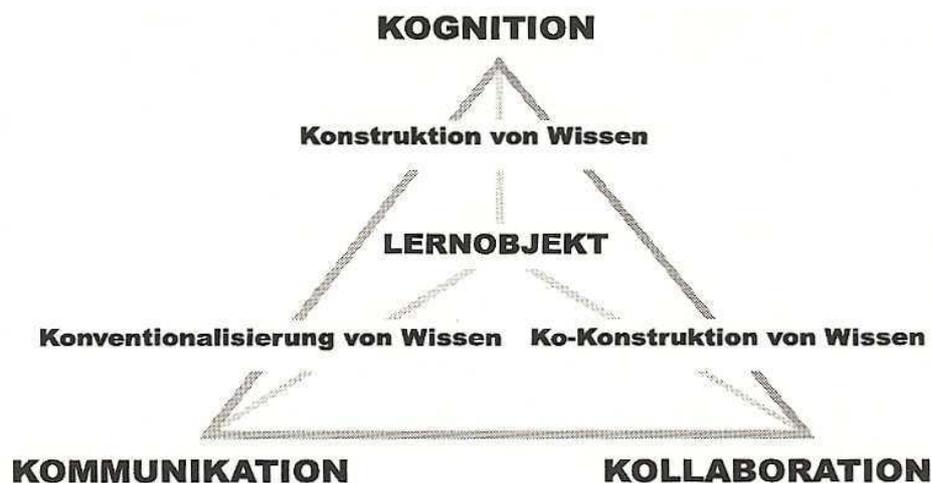


Abbildung 5: Das didaktische Dreieck virtuellen Lernens nach Schulmeister (2004)

Schulmeister (2004) sieht unter dem Gesichtspunkt der Auseinandersetzung mit Lernobjekten drei wichtige lernpsychologische Faktoren für eLearning: Kognition, Kommunikation, Kollaboration (siehe Abbildung 5).

Kognition fasst die Denkprozesse, in denen sich Lernende mit dem Lernobjekt auseinandersetzen zusammen. Das Ziel dieser Prozesse ist die Wissenskonstruktion.

Durch die *Kommunikation* mit anderen Lernenden und den Lehrenden wird eine Konventionalisierung des Wissens erreicht, weshalb diese ein notwendiger Bestandteil von eLearning ist.

Durch die *Kollaboration* von Lernenden mit gemeinsamen Lernobjekten wird die Konstruktion von Wissen eher erreicht, als wenn Lernende nicht direkt miteinander an Lernobjekten kooperieren. Schulmeister (2004) schreibt dazu, dass die individuelle Relation zwischen Lernendem und Lernobjekt durch Prozesse der Kommunikation und Kollaboration ergänzt wird.

2.2.2. Zwei Typen virtueller Lehre

Nach Schulmeister (2003) variieren virtuelle Lernumgebungen, die ein individuelles Selbststudium ermöglichen, bis hin zu kooperativen Lern- und Wissensgemeinschaften. Erstere konzentrieren sich häufig auf Grundwissen, während Lerngemeinschaften einen projektorientierten Ansatz verfolgen. (siehe Abbildung 6)

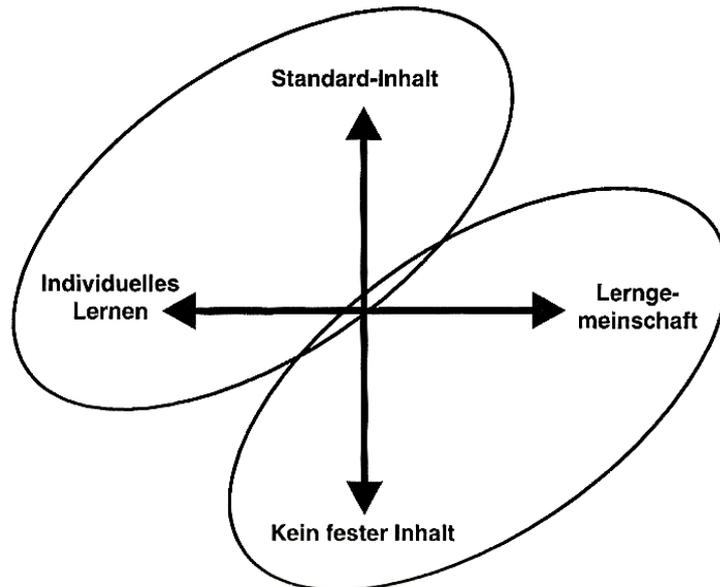


Abbildung 6: Zwei Typen virtueller Lehre nach Schulmeister (2004)

Beide Typen erfordern unterschiedliche didaktische Vorgehensweisen, die jedoch nicht im Widerspruch zu einer Lerntheorie (insbesondere dem Modell der didaktischen Rekonstruktion) stehen. Nagel (2009) schreibt dazu, dass für eine neue Lernumgebung im Rahmen physikalischer Anfängerpraktika keine eindeutige Positionierung der Lehrveranstaltung im Spannungsfeld offener und instruktionaler Lernumgebung zwingenderweise notwendig sein muss, da sie letztlich Elemente beider Variationen enthalten muss.

2.2.3. Die Gestaltung einer virtuellen Lernumgebung

Ähnlich den Anforderungen an eine Lernumgebung in 2.1.3. beschreibt Schulmeister (2004) jene für eine virtuelle Lernumgebung. Schulmeister unterscheidet zwischen Input- und Outputvariablen:

Inputvariablen:

- Lernvoraussetzungen und Vorwissen der Lernenden
- Lernstil der Lernenden
- Motivation der Lernenden
- Gestaltungseigenschaften des Lernobjekts
- Interventionen der Lehrenden
- Einflüsse der sozialen Kommunikation

Outputvariablen:

- Lernprozess
- Lernerfolg

Weiters sind für die Entwicklung des Wissenserwerbs nach Schulmeister (2004) zwei Qualitäten des Lernobjekts entscheidend.

1. Die Interaktivität des Lernobjekts

Die Interaktivität des Lernobjekts erlaubt es, alle Formen kognitiver Operationen anzuwenden. Es werden alle technischen und psychologisch-didaktischen Faktoren gebündelt, um das Lernobjekt an die Lernenden anzupassen. Nagel (2009) führt dazu aus, dass die Interaktivität die dynamische Vernetzung von Inhaltspräsentationen und die damit verbundenen Handlungsmöglichkeiten der lernenden Individuen an der Schnittstelle zur Hard- bzw. Software ist, weshalb es zweckdienlich für die Lerneffizienz ist, interaktive Elemente systematisch in die eLearning-Umgebung einzubauen.

2. Kontextualität des Wissens

Die Art und Qualität der Kontextualität des Wissens ist für den Wissenserwerb ebenfalls entscheidend. Schulmeister (2004) schreibt, dass Experimente mit situierter Kognition in authentischer Umgebung sich als adäquat für die Entwicklung des Wissens und des Problemlösens erwiesen haben.

2.2.4. Multimediale Lernhilfen

Urhahne, Prenzel, von Davier, Senkbeil und Bleschke (2000) stellten unter anderem folgende unterschiedliche Lernhilfen, die der Computer bietet vor, und beschäftigten sich mit der Frage in welcher förderlichen Weise diese gedankliche Prozesse von Lernenden anregen können.

a) Lernen mit Text, Bild und Ton (duale oder multicodale Kodierungsform)

Durch die Verbindung von verbalen beziehungsweise mathematischen Begriffen und bildlichen Codes wird ein Lernobjekt doppelt kodiert. Die doppelte Kodierung sorgt nach Urhahne et al. (2000) für eine bessere Verankerung des Wissens im Gedächtnis und macht es für eine spätere Gelegenheit leichter abrufbar. Entscheidend dabei ist, dass zusammengehörende Texte und Bilder sowohl räumlich als auch zeitlich den Lernenden dargeboten werden.

b) Animationen

Rieber & Kini (1991) definieren eine Animation als eine schnell ablaufende Folge von Bildern auf dem Computerbildschirm, die dem Beobachter die Vorstellung einer Bewegung vermittelt. Eine Animation ermöglicht dem Lernenden dynamische Konzepte und Veränderungen über die Zeit schneller zu verstehen, schreibt Doerr (1996). Nach Lewalter (1997) ist ein weiterer Vorteil einer Animation, dass die Bewegungen und Laufbahnen von Objekten eindeutig dargestellt werden können, wodurch Fehlvorstellungen vermieden werden können.

c) Simulationen

Eine Computersimulation ist nach de Jong & von Joolingen (1998) ein Programm, das einen Prozess oder ein natürliches oder künstliches System mit deren bestimmenden Parametern nachbildet und dem Lernenden ein gefahrloses Experimentieren und Simulieren von Vorgängen in einer artifiziellen Lernumgebung erlaubt.

„Lernende können durch das eigenständige Arbeiten im Sinne einer konstruktivistischen Lernüberzeugung aktiv und angepasst an ihr individuelles Lerntempo sich funktionale Zusammenhänge in einer virtuellen Welt erschließen“ (Urhahne et al., 2000). Das selbstständige Arbeiten fördert somit auch die Motivation der Studierenden.

d) Hypertexte und Hypermedia

In einem Hypertext-System sind die Informationen als Text verbunden mit Graphiken und Abbildungen in einzelnen Informationsknoten repräsentiert (Tergan, 1993, 1997). Ergänzt man dieses System mit Tönen, Animationen, Simulationen oder Videos, so erweitert es sich zu einem Hypermedia-System. Der Vorteil, den die netzwerkartigen Hypertext- und Hypermediasysteme aufweisen, ist, dass sich die Lernenden selbstgesteuert Lerninhalte auf aktive Weise aneignen können, dies fördert die aktive Wissenskonstruktion (Urhahne et al., 2000). In Rahmen dieser

Arbeit wurde ein Hypermedia-System mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) verwendet.

Ein interaktives Bildschirmexperiment setzt sich aus fotografischen Repräsentationen eines realen Experiments zusammen. Das IBE unterstützt alle relevanten Handlungen, die für das Experiment notwendig sind. Der Studierende kann sich folglich auf die entscheidenden Faktoren des Experiments konzentrieren.

3. Entwicklung, Aufbau und Inhalte der Übungseinheit E

3.1. Einleitung und Vorgaben

Als Lernziele der Übungseinheit E waren folgende Inhalte vorgegeben:

- Das Ohm'sche Gesetz verstehen und anwenden können.
- Aufbau einfacher elektrischer Schaltungen und darin einfache Strom- und Spannungsmessungen mit elektrischen Multimetern durchführen lernen.
- Bestimmen des Leitwerts eines Elektrolyten .
- Lineare Regression und Anwendung der Fehlerrechnung als Weiterführung der Übungseinheit M üben.

Um diesen Vorgaben entsprechend die Übungseinheit E neu zu gestalten, musste erstens die Frage geklärt werden, auf welchem Wissensniveau die Einheit E starten sollte und welches Vorwissen als vorausgesetzt angenommen werden durfte. Zweitens war eine Auswahl und Reihenfolge der Experimente festzulegen, die das neue Lernkonzept möglichst vorteilhaft unterstützen würden, um die notwendigen Lernziele zu erreichen.

Da es ohne Grundwissen und eine gewisse Grundvorstellung oder Begriffsbildung, welche bereits aus der Schule oder der vorangegangenen Vorlesung vorhanden sein sollten, nicht möglich ist, eine aufbauende Übungseinheit zu erstellen, wurde beschlossen, dass eine kurze theoretische Einleitung allen Studierenden einen entsprechenden Unterbau für die anschließenden Aufgaben anbieten soll. Folglich bestand der erste Schritt darin, sich in Schülervorstellungen zur Elektrizität einzulesen, um eventuellen falschen Bedeutungskonstruktionen vorbeugen zu können. Gleichzeitig sollten passende Experimente gefunden werden. In 3.2. werden einige Schülervorstellungen zur Elektrizität behandelt, die den Aufbau und die Auswahl der Experimente beeinflusst haben.

3.2. Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis

Die Vorstellungen der Schüler im Alter von 12 bis 13 zum elektrischen Stromkreis wurden von Rhöneck (1986) mit dem Problemlöseansatz erhoben. Das Lösen von Problemen mit anzukreuzenden Antworten führt zu Einzelinformationen über die vom Lernenden benutzten Begriffe und Regeln. Zwar ist die Folgerung die Studierenden hätten genau dieselben Fehlvorstellungen wie Schüler jüngeren Alters nicht nachgewiesen, jedoch ist es nicht von Nachteil etwaigen Fehlvorstellungen vorzubeugen.

In den Antworten treten Eigenschaften, Begriffe und Regeln auf, die im Widerspruch zu den physikalischen Gesetzen stehen.

Stromverbrauchsvorstellung und sequentielle Argumentation

Nach Duit (1993) gibt es die Vorstellung, dass eine Zuleitung genügt, um eine Lampe im einfachen Stromkreis zum Leuchten zu bringen. Der zweite Draht sorgt nur für mehr Stromfluss.

Eine sehr verbreitete Vorstellung ist auch, dass der Strom durch eine Zuleitung zum Lämpchen fließt, dort teilweise verbraucht wird und schwächer durch eine Ableitung zurück fließt. Diese Vorstellung wird fallweise sogar nach Strommessungen vor und nach einem Verbraucher behalten.

Rhöneck beschreibt in diesem Zusammenhang die „sequenzielle Argumentation“. Hier wird davon ausgegangen, dass ein Unterschied zwischen dem Strom, der in einen Teil eines Stromkreises hinein fließt und dem Strom, der hinaus fließt, existiert. Dabei besagt die „sequentielle Argumentation“, dass eine Änderung 'vorne' im Stromkreis sich auf eine Änderung 'hinten' im Stromkreis auswirkt, während eine Änderung 'hinten' im Stromkreis sich nicht 'vorne' bemerkbar machen sollte, weil da 'der Strom schon vorbei ist' (Rhöneck, 1986).

Differenzierung von Spannung und Strom

Die mangelhafte Unterscheidung von Strom und Spannung ist ein wichtiger Aspekt der Schülervorstellungen.

Duit (1993) schreibt, dass Schüler in der Regel den Strom als etwas Energetisches sehen, wobei zu beachten ist, dass auch der Alltagsenergiebegriff der Schüler nicht jenem der physikalischen Definition entspricht.

Strom und Spannung werden jedoch auch sehr häufig eng miteinander verknüpft oder gleichgesetzt. Die Spannung wird oft als Eigenschaft oder Merkmal des Stroms angesehen.

Die Batterie als Speicher des elektrischen Stroms

Eine oftmalige Vorstellung ist, dass Strom in Batterien oder Drähten gespeichert werden kann.

Duit schlägt vor, dieser Vorstellung von Anfang an entgegen zu wirken und nicht allein mit Batterien in die Elektrizitätslehre einzusteigen.

Die lokale Argumentation

Rhöneck beschreibt die lokale Argumentation so: „Die Ströme werden in den Verzweigungspunkten so aufgeteilt, als wüsste der Strom nicht, was anschließend im Stromkreis passiert“.

Die Stromstärke in den einzelnen Zweigen einer Parallelschaltung wird nicht als Folge der Widerstände und der anliegenden Spannung gesehen.

Abschwächungsbild

Bei mehreren seriell geschalteten Verbrauchern nimmt die Stromstärke entsprechend dem Verbrauch ab.

Schaltung von Messgeräten

Messgeräte sind kein Teil des Stromkreises und sie beeinflussen unabhängig von der Schaltung den Stromfluss nicht.

Während der Suche nach falschen Vorstellungen und Modellen, entstand die Idee ein geeignetes Modell für den Stromkreis bereitzustellen, welches sich für die beiden Elektrizitätsbeispiele immer wieder als Analogon anbieten und vielen, der oben vorgestellten Schülervorstellungen entgegen wirken könnte.

3.3. Der Wasserstromkreis als Modell für den elektrischen Stromkreis

Der Wasserstromkreis ist aufgrund seiner vielen Analogien zum elektrischen Stromkreis ein sehr oft benutztes Mittel, Strom-Spannungs-Verhältnisse in einfachen Schaltungen verständlich zu machen.

Tatsächlich bietet das Wasserstromkreismodell viele Möglichkeiten, diversen falschen Schülervorstellungen entgegen zu wirken und verschiedene Begriffe zu veranschaulichen. Selbst qualitative analoge Versuche, bei denen Vorgänge direkt beobachtbar sind, wären möglich.

Schwedes und Schillings (1983) „Untersuchungen über Schülervorstellungen zu Wasserstromkreisen“ lassen jedoch erhebliche Zweifel an diesem Vorgehen aufkommen.

Es soll nun kurz auf diese Zweifel eingegangen werden, da sie nicht außer Acht gelassen werden dürfen, wenn man trotzdem mit dem Wasserstromkreismodell arbeiten möchte.

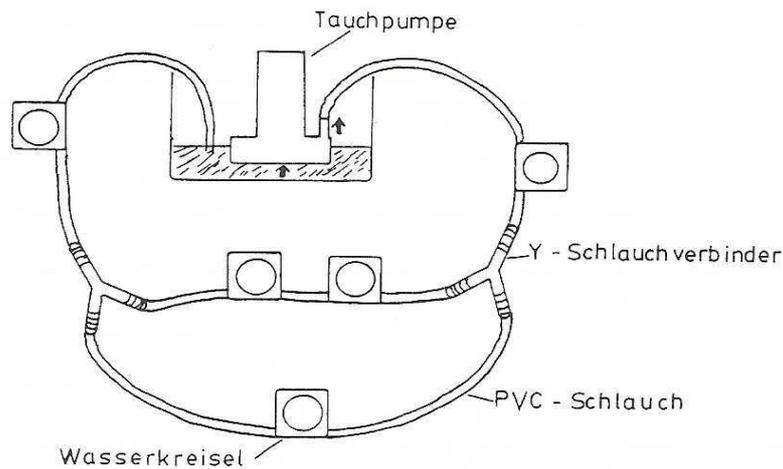


Abbildung 7: Wasserstromkreis nach Schwedes und Schilling (1983)

Ein Wasserstromkreismodell wie in Abbildung 7 kann als Modell für den elektrischen Stromkreis nur dann wirklich sinnvoll verwendet werden, wenn die Druck- Strömungsverhältnisse im Wasserstromkreis bekannt sind.

In Abbildung 7 werden die Wasserkreisel oder Strömungswächter und die Tauchpumpe mit Plastikschläuchen zu einem Wasserstromkreis verbunden. Die Wasserkreisel sind wegen eines konstanten Leitungsquerschnittes ein Maß für die Wasserstromstärken.

Ein großer Fehler wäre also, den Wasserstromkreis ohne fundiertes Wissen darüber als Analogon für den elektrischen Stromkreis zu verwenden. Dies zeigen insbesondere die Untersuchungen über Schülervorstellungen zu Wasserstromkreisen von Schwedes und Schilling (1983).

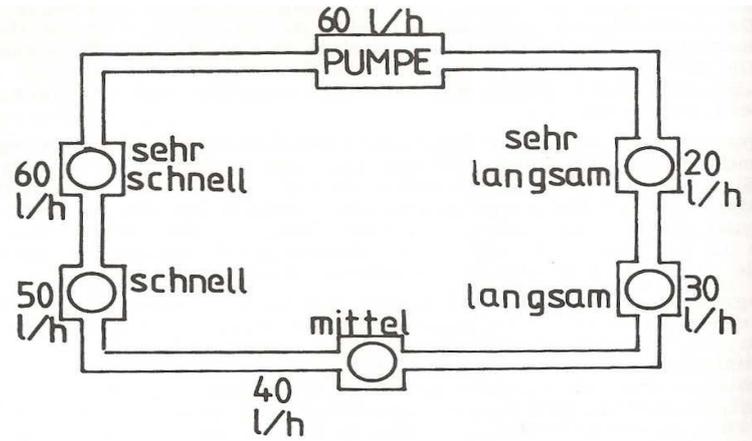


Abbildung 8: Typische Schülervorstellung zu einem Reihenwasserkreis nach Schwedes und Schilling (1983)

Für einen Reihenwasserkreis zeigt die Abbildung 8 typische Schülervorstellungen zur Drehgeschwindigkeit der Wasserkreisel, wenn die Pumpe 60 l/h fördert.

Eben erwähnte Fehlvorstellungen setzen sich in allen weiteren Schaltungen fort, wie weitere Vorstellungen zu diversen Schaltungen zeigen.

Die Abbildung 9 zeigt gängige Vorstellungen zu folgender Testaufgabe: „Der Schlauch wird an der Stelle K zusammengedrückt. Gib an wie schnell die Wasserkreisel jetzt laufen.“

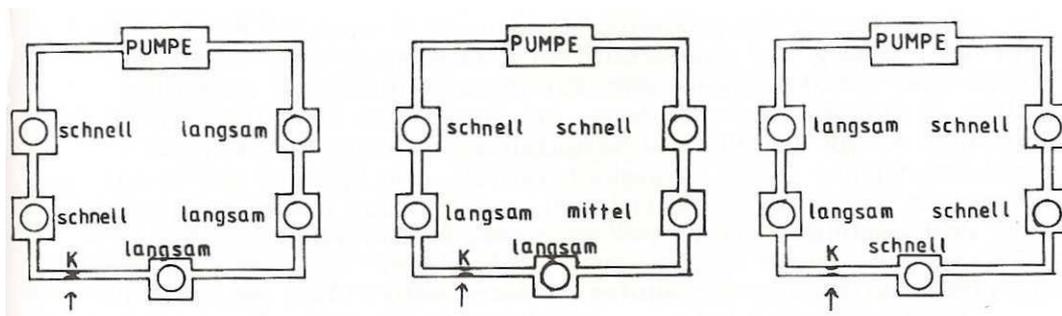


Abbildung 9: Typische Schülervorstellung nach Schwedes und Schilling (1983)

Die Abbildung 10 zeigt eine typische Vorstellung einer Parallelschaltung dreier Wasserkreise.

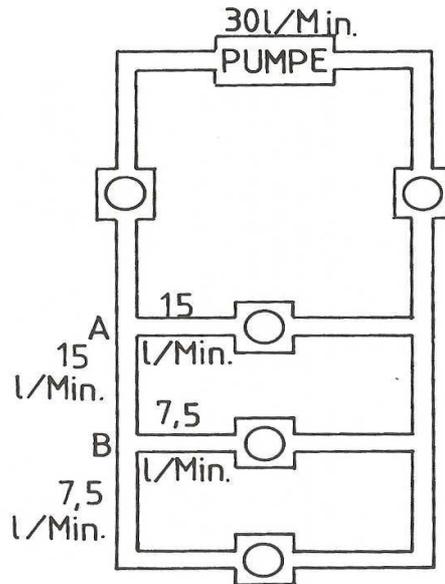


Abbildung 10: Typische Schülervorstellung zu einem Parallelwasserkreis nach Schwedes und Schilling (1983)

All diese Untersuchungen zeigen, dass die Verwendung des Wasserstromkreismodells nicht so vorteilhaft ist, wie sie auf den ersten Blick erscheinen mag, sondern schlechtes Vorwissen über den Wasserstromkreis auch mögliche Fehlvorstellungen erst fördert.

Wenn man sich jedoch dieser Probleme bewusst ist und die Druck- Strömungsverhältnisse im Wasserstromkreis nicht als bekannt voraussetzt, bietet dieses Analogon trotzdem gute didaktische Möglichkeiten.

Vor allem zur Darstellung der Spannung als Potentialunterschied ist die Abbildung 11 sehr vorteilhaft.

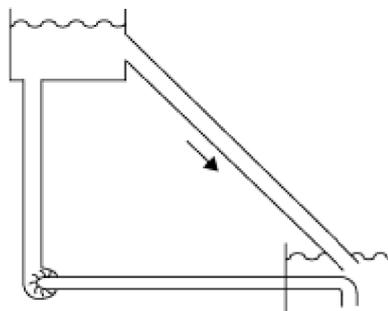


Abbildung 11: Graphik im Arbeitsbuchs - Wasserstromkreis

Dieses Modell erfordert kein Vorwissen zu Wasserstromkreisen, sondern nur zur Gravitation, nämlich dass das Wasser nach unten fließt. Dies ist aber aus dem Alltag jedem bekannt und erfordert keine besonderen physikalischen Voraussetzungen. Somit ermöglicht dieses Modell, ohne zusätzliche physikalische Erklärungen, die Einführung der Strom- und Spannungsbegriffe.

Mit diesem Analogon ist es möglich, etwaigen falschen Strom- und Spannungsvorstellungen entgegen zu wirken. Der Strom wird als Fluss von elektrischen Ladungen einem Wasserfluss gleichgesetzt. Auf dieser Vorstellung lässt sich später auch der konstante Stromfluss in einer Serienschaltung unter Verwendung der eben besprochene Vorstellungen aus 3.2. erklären.

3.4. Passende Experimente für das selbstständige Arbeiten während des Praktikums

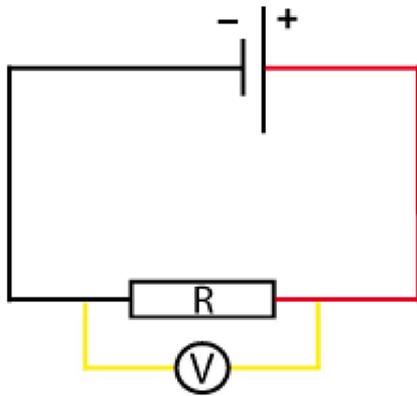
Folgende Experimente standen zur Diskussion um im ersten Teil das Ohm'sche Gesetz und im zweiten Teil den Widerstand beziehungsweise den Leitwert und die Leitfähigkeit eines Elektrolyten zu erarbeiten. Zum Teil sind dies Experimente, die bereits Teil der bisherigen Praktikumseinheit waren, zum Teil jedoch auch neue Experimente, welche erst auf Brauchbarkeit überprüft werden mussten.

- **Messen einer Gleichspannungsquelle**

Mit einem Digitalmultimeter wird eine Gleichspannungsquelle gemessen. Mit dieser einfachen Übung sollen die Studierenden in den Umgang mit dem Digitalmultimeter eingeführt und der erste Stromkreis zusammengesteckt werden.

- **Einfacher Stromkreis mit einem Ohm'schen Widerstand**

Mit dem Digitalmultimeter werden Strom und Spannung gemessen. Die richtigen Einstellungen des Digitalmultimeters und das richtige Schalten des Messgeräts (Abbildungen 12 und 13) soll in diesem Experiment erlernt werden.



Digitalmultimeter als Voltmeter

Abbildung 12: Serielles Schalten des Voltmeters

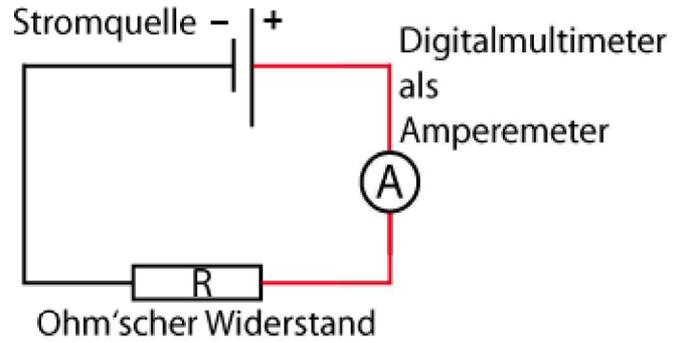


Abbildung 13: Paralleles Schalten des Amperemeters

- **Stromkreis mit zwei seriellen Ohm'schen Widerständen**

Es werden drei Spannungs- und drei Strommessungen durchgeführt: an der Spannungsquelle und an den beiden Widerständen wird die Spannung gemessen, die Stromstärke wird vor und nach, sowie zwischen den beiden Widerständen gemessen. Die Abbildungen 14 und 15 skizzieren zwei dieser sechs geplanten Messungen.

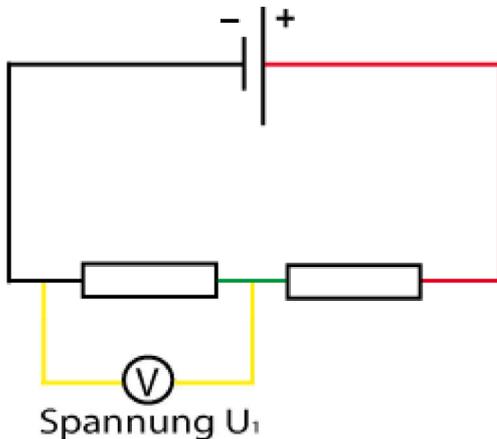


Abbildung 14: Spannungsmessung an einem Widerstand

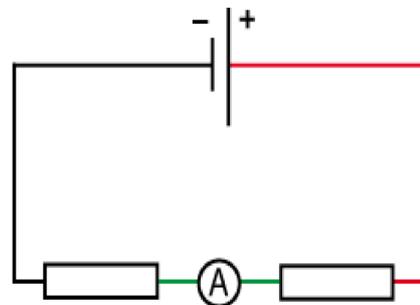


Abbildung 15: Strommessung zwischen den beiden Widerständen

- **Stromkreis mit zwei parallelen Ohm'schen Widerständen**

Es werden drei Spannungs- und vier Strommessungen durchgeführt: an der Spannungsquelle und an den beiden Widerständen wird die Spannung gemessen, es werden die beiden Teilströme sowie der Gesamtstrom vor und nach der Verzweigung bestimmt. Die Abbildungen 16 und 17 skizzieren zwei dieser sieben geplanten Messungen.

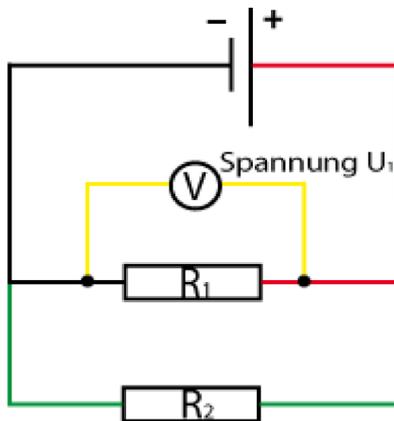


Abbildung 16: Spannungsmessung an einem Widerstand

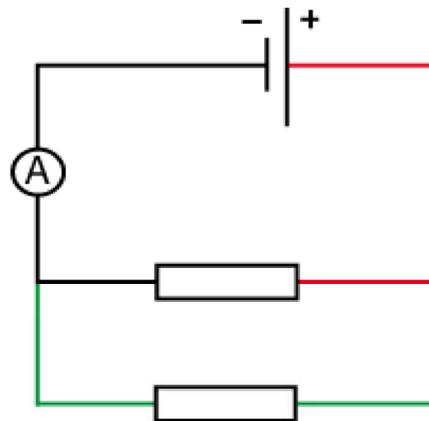


Abbildung 17: Gesamtstrommessung nach Verzweigung

- **Neuer Versuch - Leitwert eines Elektrolyten**

Es werden Strom und Spannungsmessungen an einem Elektrolyten durchgeführt. Die Messungen werden bei unterschiedlichen Elektrodenabständen und bei unterschiedlichen Elektrolytquerschnitten durchgeführt. Abschließend wird der Leitwert auch mit einem Leitfähigkeitsmessgerät überprüft.

- **Neuer Versuch - Ionenwanderung sichtbar machen**

Die Ionen eines Elektrolyten werden durch Färbung sichtbar gemacht und durch Anlegen einer Gleichspannung wird deren Bewegung sichtbar gemacht.

- **Neuer Versuch - Leitwert unterschiedlicher Drähte**

Es werden Spannung- und Strommessungen an Drähten desselben Materials, aber unterschiedlicher geometrischer Eigenschaften (Querschnitt und Länge) durchgeführt. Eine weitere Möglichkeit wäre zwei Drähte gleicher geometrischer Eigenschaften auf ihre Widerstandswerte zu untersuchen.

Bei der Auswahl der Experimente waren nach 2.1.8. einige Punkte zu beachten:

- **genügend Arbeitsstationen**

Nach den bereits beschriebenen Vorgaben müssen mindestens sechs Zweiergruppen von Studierenden gleichzeitig an der selben Übungseinheit arbeiten können. Es müssen folglich sechs Arbeitsstationen mit den selben Bedingungen bereitgestellt werden. Alle notwendigen Materialien müssen in sechsfacher Ausführung vorhanden sein.

- **wiederholbare Experimente**

Um sicher zu gehen, dass das jeweilige Experiment auch für das Praktikum und die Studierenden geeignet ist, muss die Wiederholbarkeit des Experiments überprüft werden.

Um eventuelle Änderungen am Material, die die Messungen beeinflussen könnten, ausschließen zu können, muss das Experiment einige Male durchgeführt werden und sollte immer dieselben Ergebnisse liefern.

- **zeitlicher Rahmen**

Es muss abgeschätzt werden, wie viel Zeit ein Experiment in Anspruch nehmen würde, um den zeitlichen Rahmen des Praktikums nicht zu sprengen.

- **den Studierenden zumutbar**

Der Schwierigkeitsgrad der Ausführung des Experiments muss selbstständiges Arbeiten der Studierenden ermöglichen.

- **Ergebniskontrolle**

In welcher Weise wird das experimentelle Arbeiten überprüft.

Um die Brauchbarkeit der Experimente zu überprüfen werden alle selbst durchgeführt und protokolliert. Nebenbei werden bereits erste Gedanken zu eventuellen theoretischen oder experimentellen Schwierigkeiten jeglicher Art notiert.

Da manche Experimente bereits in der bisherigen Einheit benutzt wurden, war in diesen Fällen die Frage der Durchführbarkeit unproblematisch.

Die neuen Experimente jedoch, die den neuen Teil „Widerstand eines Elektrolyten“ begleiten sollten, mussten sehr genau untersucht werden.

3.5. Gestalten und Überprüfen der neuen Experimente

Die Experimente für die geplante Praktikumseinheit mussten besonders auf Wiederholbarkeit, sowie auf den zeitlichen Rahmen untersucht werden. Es war wichtig, Experimente zu finden, die von den Studierenden selbstständig durchgeführt werden können. Dies bedeutet, dass das Experiment möglichst einfach und sicher zu funktionieren hat, da jegliche Abweichung zu Problemen im selbstständigen Arbeiten führen würde.

3.5.1. Leitwert eines Elektrolyten

Für dieses Experiment wurden neue Wannen mit passenden Elektroden gekauft. Die Wanne sollte in gleichmäßigen Abständen Haltevorrichtungen für die Elektroden bieten um bei verschiedenen Abständen der Elektroden Messungen durchführen zu können (Abbildung 18).



Abbildung 18: Elektrolytwanne mit Elektroden

Der erste Schritt war ein Elektrolyt zu finden und dieses auf Brauchbarkeit zu verschiedenen Elektroden (es wurden Zink, Eisen, Kupfer und Edelstahlelektroden getestet) zu untersuchen. Der Elektrolyt sollte eine Kochsalzlösung sein, deren ideale Konzentration zu ermitteln war.

Mit der Konzentration steigt der Leitwert der Salzlösung und dies führt zu einer sehr großen Stromstärke. Bei zu hohen Stromstärken unterbricht die Strombegrenzungseinrichtung des

Netzgeräts (Hameg HM 8030 – 6) den elektrischen Stromkreis. Außerdem ist bei zu großer Stromstärke ein Temperaturanstieg des Elektrolyten zu messen, welcher die Widerstandsmessung zu stark beeinflussen würde. Es stellte sich eine ein prozentige Kochsalzlösung als brauchbar heraus. Mittlerweile wird der Versuch mit Leitungswasser durchgeführt, da dies ebenso gut funktioniert.

Ein weiteres Problem stellten die Ablagerungen an den Elektroden dar, welche schon nach sehr kurzer Betriebszeit entstanden waren. Diese waren an allen Materialien außer den an der Edelmetallelektrode zu sehen und waren auch bei zu hohen Kochsalzkonzentrationen verstärkt entstanden.

Im nächsten Schritt musste untersucht werden, ob die Strom- und Spannungsmessungen die lineare Abhängigkeit des Leitwerts vom Elektrodenabstand eindrucksvoll darstellen würden.

In jedem Fall war eine klare lineare Abhängigkeit zu erkennen, doch wurde bei fast jeder Messung mit diversen Elektroden ein konstanter Restwiderstand festgestellt. Dieser wurde zuerst auf die nicht mehr ganz sauberen Elektroden zurückgeführt, doch nach deren Säuberung war auch hier ein deutlicher konstanter Widerstand des Versuchsaufbaus messbar.

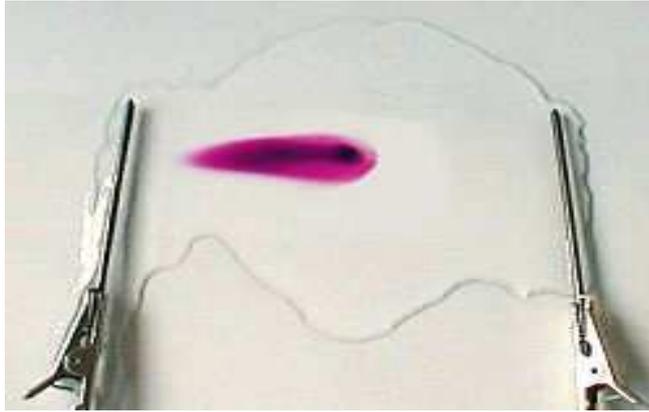
Da jedoch bei jeder Messung eine klare lineare Abhängigkeit zu erkennen war, sollte dieser konstante Widerstand nicht weiter stören. Dieser ist höchstwahrscheinlich auf Kontaktwiderstände von Elektroden und Klemmen zurückzuführen.

3.5.2. Ionenwanderung sichtbar machen

Eine Natriumsulfatlösung wird auf einer Glasplatte so verteilt, dass der Flüssigkeitsfilm einen Durchmesser von etwa 10 cm Durchmesser aufweist. In die Mitte der Lösung wird ein Kaliumpermanganatkristall gelegt. An zwei gegenüberliegende Ränder der Lösung werden zwei Elektroden mit einer Spannung von 5 V angelegt. Der Kristall sollte sich auflösen und die violette Färbung zur Anode wandern.

Bei diesem Versuch werden die negativen Ionen sichtbar gemacht und ihre Wanderung ist somit beobachtbar.

Dieser Versuch hätte zwar zeigen können, wie Ladungsträger in einem Elektrolyten für Stromfluss sorgen (Abbildung 19), jedoch stellte sich die Durchführbarkeit als sehr schwierig heraus. Die Bewegung der Ionen war nur fallweise sehr schlecht zu erkennen, weshalb auf dieses Experiment verzichtet wurde.



*Abbildung 19: Ionenwanderung sichtbar gemacht,
Quelle: www.chemieunterricht.de*

3.5.3. Leitwert unterschiedlicher Drähte

Dieser Versuch hätte sehr deutlich die Abhängigkeit des Leitwerts von geometrischen und spezifischen Größen gezeigt und wäre eine gute Ergänzung zum Elektrolytversuch gewesen. Es wurde aber entschieden, dass das Hauptaugenmerk auf den Leitwert von Elektrolyten zu legen wäre und der Versuch den zeitlichen Rahmen gesprengt hätte, da der Elektrolytversuch insbesondere hinsichtlich der Alltagsrelevanz der Ernährungswissenschaft zur Trinkwasseranalyse zu bevorzugen ist.

3.6. Das Konzept der Übungseinheit E

Nachdem eine Reihenfolge der ausgewählten Experimente festgelegt war, stand auch der Aufbau der Übungseinheit und das Konzept fest.

Die Übungseinheit unterteilt sich gemäß dem konstruktivistischen Design Hochschulpraktika (nach Theyßen 2000) in zwei große Kapitel: Den experimentellen Teil, welcher das selbstständige Erarbeiten der Lernziele anhand der Experimente vorsieht, sowie einem Nachbereitungsteil, welcher theoretische Vertiefungen und weitere Auswertungen der Experimente beinhaltet.

3.6.1. Grundlagen der Elektrizität

- **Einleitung und Ziele der Übungseinheit**

- **Ernährungswissenschaftlicher Bezug**

In diesem Kapitel soll eine erste Motivationshilfe bereitgestellt werden, die den Studierenden verdeutlichen soll, welche ernährungswissenschaftlichen Methoden und Geräte auf den physikalischen Grundlagen der Übungseinheit basieren.

- **Leitfähigkeits- und Widerstandsmessung**

Aus bereits in Kapitel 2.1. erläuterten Gründen sollte eine kurze Einleitung einen entsprechenden Unterbau für den weiteren Wissensaufbau bieten.

Im Anschluss daran wird mit den ersten beiden Versuchen „Messen einer Gleichspannungsquelle“ und „Einfacher Stromkreis mit einem Ohm'schen Widerstand“ schrittweise das Ohm'sche Gesetz erarbeitet und eine Fehlerrechnung durchgeführt.

- **Serienschaltung und Parallelschaltung**

Anhand von diversen Messungen in den Versuchen „Stromkreis mit zwei seriellen Ohm'schen Widerständen“ und „Stromkreis mit zwei parallelen Ohm'schen Widerständen“ sollen die Studierenden die Gesetzmäßigkeiten der Schaltungen mit mehr als einem Widerstand erkennen.

- **Leitwert eines Elektrolyten**

Mit dem Versuch „Leitwert eines Elektrolyten“ wird die Abhängigkeit des Leitwertes von Querschnitt und Länge erarbeitet. Abschließend wird der Leitwert auch mit einem kommerziellen Leitfähigkeitsmessgerät bestimmt, welcher in der Nachbereitung als Vergleichswert dienen soll.

3.6.2. Nachbereitung und Vertiefung

In der Nachbereitung werden alle erarbeiteten physikalischen Gesetze noch einmal wiederholt und vertieft. Weiters wird eine Auswertung der Daten des Elektrolytversuchs durchgeführt, welche die lineare Abhängigkeit des Leitwertes von der Länge zeigen soll. Ebenso soll mit den gemessenen Daten die Leitfähigkeit des Elektrolyten errechnet und mit dem Wert der Messung mit dem Leitfähigkeitsmessgerät verglichen werden.

3.7. Aufbereitung der Experimente

Wie in 2.1.8 bereits beschreiben, sollten die Anleitungen zu Praktikumsexperimenten einerseits selbstständiges Arbeiten fördern um die Motivation zu fördern, jedoch auch nicht ausschließlich kochrezeptartigen Anleitungen unterschiedlicher Tätigkeiten werden. Je nach experimentellen Vorerfahrungen, Wissen und Motivation muss also für die jeweilige Lerngruppe eine passende Aufbereitung der Experimente gefunden werden.

Das Arbeitsbuch sollte für Studierende mit sehr wenig physikalischem Vorwissen und nahezu keinen experimentellen Erfahrungen entstehen, wie Wolny (2010) beschreibt. Das Ziel sollte also in erster Linie nicht sein, den Studierenden mit dem selbstständigen Experimentieren möglichst viel Platz für kreatives Experimentieren zu geben, sondern durch selbstständiges Arbeiten mit entsprechenden Anleitungen die Motivation für physikalische Phänomene und das physikalische Experimentieren zu heben. Mit einer größeren Motivation sollte das Erlernen der experimentellen Fähigkeiten sowie das Entdecken und Entwickeln physikalischer Begriffe bedeutend verbessert werden.

Folglich lag der Schwerpunkt bei der Aufbereitung der Experimente auf der Durchführbarkeit für alle Studierenden. Entsprechend dem konstruktivistischen Ansatz sollten die Studierenden vom Objekt ausgehend, mittels sehr kleinschrittiger Anleitungen zu höherer Abstraktion geführt werden. Um Sorge zu tragen, dass sich die Studierenden, trotz der engen Vorgaben während des Experimentierens, mit den Versuchen und den Lernzielen auseinander setzen, sollten Fragen und Denkaufgaben zu den jeweiligen Gebieten gestellt werden, mit denen auch eine Überprüfung des Erreichen des Lernziels möglich sein sollte. Mit den gemessenen Werten und experimentellen Erkenntnissen sowie den richtigen Fragestellungen sollte es allen Studierenden möglich sein, sich die Lernziele ohne dauernde Hilfe der Betreuer zu erarbeiten.

Für die Aufbereitung der Experimente wurden deren schrittweiser Aufbau und alle notwendigen Materialien einzeln fotografiert.

Dazu wurde ein Drehbuch erstellt, welches jeden einzelnen Schritt, der von den Studierenden durchgeführt werden muss, beschreibt. Anhand dessen wurde jedes Experiment mit so vielen Fotos wie nötig dokumentiert.

Auch während dieser Arbeit wurde auf etwaige Probleme geachtet und jede mögliche Fehlerquelle notiert (Achten auf die richtigen Einstellungen und Einheiten auf dem Multimeter, Umrechnen von unterschiedlichen Einheiten, Schalten der Messgeräte, Einstellungen des Frequenzgenerators,...).

In diesem Drehbuch wurden außerdem bereits alle notwendigen Abbildungen notiert, die im Arbeitsbuch die Anleitungen unterstützen sollten (z.B. Arbeitsbuch, Abbildung 7).

Diese sollten um Verwirrungen zu vermeiden hinsichtlich Farben und Richtungen dem Foto gleichen (siehe Abbildungen im Arbeitsbuch).

So wie für die Versuche Fotos von allen verwendeten Bauteilen gemacht wurden (siehe Arbeitsbuch, Abbildung 4), mussten auch alle Schaltsymbole, die in den Schaltbildern verwendet werden, in einer Tabelle (siehe Arbeitsbuch, Tabelle 1) dargestellt und deren Bedeutung erklärt werden.

3.8. Erstellen des Arbeitsbuchs

Einleitung und Ernährungswissenschaftlicher Bezug

Nach einer kurzen Einleitung sollte nach dem Konzept von 2.1.7. der erste motivierende ernährungswissenschaftliche Bezug vorgestellt werden.

Da das ganze Konzept der Einheit E darauf abzielt, einen ernstzunehmenden Bezug zur Ernährungswissenschaft herzustellen, sollte dies auch dieser Absatz vermitteln. Da jedoch, wie in 2.1.7. beschrieben, zu künstliche Kontexte kontraproduktiv sind, sollte der ernährungswissenschaftliche Bezug möglichst authentisch beschrieben werden.

Wasserstromkreis als Einführung in die Elektrizitätslehre

Nach 3.3. soll zu Beginn des Kapitel eine Einführung in die Elektrizitätslehre anhand des Wasserstromkreises erfolgen.

Um den Unterschied zwischen Strom und Spannung möglichst deutlich zu machen (siehe Schülervorstellung 3.2.), sollte die Spannung als Potentialdifferenz mit dem zugehörigen Analogon der potentiellen Energie zweier unterschiedlicher Wasserbecken vorgestellt werden. (siehe Arbeitsbuch, Abbildungen 1-3)

Dieses Modell ist im Folgenden sehr brauchbar, um die Analogien Stromfluss und Wasserfluss, sowie Spannungsquelle und Wasserpumpe aufzuzeigen und somit anschaulich den Unterschied zwischen Strom und Spannung, sowie die Funktion einer Batterie darzulegen. Es argumentiert folglich sehr effektiv gegen die verbreiteten Schülervorstellungen aus 3.2. Für diese Schritte sind auch noch keine Kenntnisse über komplexe Wasserstromkreise notwendig, die mögliche falsche Vorstellungen unterstützen könnten.

Auch die Leitfähigkeit eines Leiters kann mit der Beschaffenheit eines Rohrs (je größer umso mehr Fluss) beschrieben werden.

Durch ein Rohr, welches zwei Becken verbindet ist die Vorstellung, dass an einer Stelle des Rohrs das Wasser schneller als an einer anderen Stelle fließt sehr unwahrscheinlich.

Mit dieser Einleitung werden Ladung, Widerstand, Leitwert, Strom und Spannung mit Einheiten sehr anschaulich aufbereitet und es wird eine gute Grundlage bereitgestellt, da diese Vorstellung auch auf Wechselstrom erweiterbar ist.

Das Ohm'sche Gesetz

Das Ohm'sche Gesetz sollen die Studierenden anhand der ersten beiden Versuche selbst erarbeiten und erkennen. Als Einstieg wird trotz angegebener Spannung eine Quellenspannungsmessung durchgeführt werden. Die Studierenden sollen feststellen, dass diese nicht genau dem angegebenen Wert entspricht und deshalb eine Überprüfung der Quellenspannung zu einer sauberen Messung gehört.

Anhand von Strom und Spannungsmessungen an zwei verschiedenen Widerständen und zwei verschiedenen Spannungen wird mit dem Erarbeiten der Tabelle 2 des Arbeitsbuchs das Ohm'sche Gesetz deutlich.

Für das experimentelle Messen ist es notwendig, je nach Messgröße auf das Schalten des Multimeters in den Stromkreis zu achten. Um das Lernziel, das Ohm'sche Gesetz, nicht aus den Augen zu verlieren, wurde auf Begründungen für das unterschiedliche Schalten für Amperemeter und Voltmeter verzichtet, sondern den Studierenden neben den Schaltbildern und genauen Beschreibungen nur ein Tipp gegeben, der das richtige Schalten des Amperemeters erleichtern sollte (die Spannungsmessung wurde bereits zuvor durchgeführt).

Anhand der Tabelle sollte es nun möglich sein, mit den Strom- und Spannungswerten Leit- und Widerstandswerte zu berechnen.

Für denselben Widerstand erhält man auch bei unterschiedlichen Spannungen dieselben Leit- und Widerstandswerte. Somit können die Studierenden erkennen, dass diese Werte konstante Eigenschaften der Widerstände sind.

Es wird das Ohm'sche Gesetz eindrucksvoll selbstständig erarbeitet. Mit einer anschließenden theoretischen Erklärung zu den beiden Größen ist das Ohm'sche Gesetz ausreichend behandelt.

Zum Festigen und Überprüfen des eben erlernten Wissens müssen die Studierenden in der anschließenden Tabelle 3 des Arbeitsbuchs und dem Lückentext das Ohm'sche Gesetz in allen Varianten anwenden können.

Im Anschluss daran wird noch das gleichzeitige Messen von Strom und Spannung vorgestellt, ohne jedoch auf Erklärungen einzugehen, da dies bei dem Wissensstand der Studierenden fachlich nicht relevant ist.

Genauigkeit der Messung

Die Einführung zur Bestimmung des Messfehlers des Geräts sollte eigentlich Teil der Übungseinheit M sein, welche jedoch aus organisatorischen Gründen nur die Hälfte der Studierenden tatsächlich vor der Übungseinheit E absolvieren*. Daher musste dieses Kapitel, ohne zu sehr auf den theoretischen Hintergrund eingehend, für alle Studierenden durchführbar sein. Zu diesem Zweck wurde dieses Kapitel sehr kleinschrittig aufbereitet und mit einigen Beispielen und Hilfestellungen versehen, die eine Fehlerrechnung zur letzten Messung ermöglichte.

Serienschaltung

In diesem Kapitel ist es möglich zum ersten Mal den Bezug zum Widerstand des menschlichen Körpers herzustellen. Als Motivation kann die Serienschaltung, wie auch anschließend die Parallelschaltung, als Grundlage für die komplexe Anordnung von Widerständen im menschlichen Körper eingeführt werden.

Anhand der beiden Teilspannungen und deren Addition sollen die Studierenden auf die Gesetzmäßigkeit schließen, dass sich die Teilspannungen in einem Serienstromkreis zur Gesamtspannung addieren. Die qualitative Aufteilung der Teilspannungen soll selbstständig, mit dem Berechnen der Quotienten der beiden Widerstandswerte sowie der beiden Teilspannungen, interpretiert werden.

Weiters sollen die Studierenden eine Vermutung für die Stromstärke im Arbeitsbuch notieren.

Durch eben diese Art von Aufgaben soll gefördert werden, dass sich die Studierenden tatsächlich mit dem physikalischen Hintergrund auseinandersetzen und nicht nur anhand der Anweisungen Experimente ausführen.

Um die konstante Stromstärke in einem Serienstromkreis hervorzuheben und damit besonders der sequentiellen Argumentation aus 3.2. entgegen zu wirken, sollen Strommessungen vor, zwischen und nach den beiden Widerständen durchgeführt werden.

Damit können die Studierenden die eigene Einschätzung überprüfen. Mit einem Hinweis zum analogen Wasserstromkreis, dass auch in diesem, in einem gleichmäßigen Rohr, nicht plötzlich

* Dies wurde mittlerweile geändert.

mehr Wasser als an anderen Stellen fließen kann, wird erst im Nachhinein eine Verknüpfung zum Wasserstromkreismodell hergestellt, um eine mögliche Fehlvorstellung auszuschließen.

Parallelschaltung

Während der Entstehung des Arbeitsbuchs wurde beschlossen, das Experiment „Parallelschaltung“ als freiwilligen Teil an das Ende des experimentellen Teiles, nach dem Elektrolytversuch, zu stellen. Dies geschah hauptsächlich aus zeitlichen Gründen, da es den Studierenden sonst nicht möglich gewesen wäre, in der vorgesehenen Zeit fertig zu werden. Obwohl die Gesetzmäßigkeiten der Parallelschaltung ohnehin in der theoretischen Nachbereitung vorgestellt werden sollten und diese jenen der Serienschaltung ähnlich sind, wollte der Autor nicht ganz auf die eindrucksvolle Erfahrung des Experiments verzichten und entschied sich, es als freiwilligen Teil im Arbeitsbuch zu behalten.

In diesem Experiment sollte anhand der beiden Spannungsmessungen an den beiden parallelen Widerständen das Ohm'sche Gesetz angewendet werden um zu erkennen, dass sich der Gesamtstrom auf zwei Teilströme aufteilt.

Es wurde hier bereits auf die Verknüpfung zum Wasserstromkreis verzichtet, und stattdessen auf die Vorstellung der fließenden Elektronen verwiesen. Den Elektronen ist es an einem Knoten nicht möglich sich zu vermehren, aus diesem Grund muss sich der Strom in Teilströme aufteilen. Dies wäre zwar auch mit dem Analogon zum Wasserstromkreis gut zu begründen, doch sollten sich die Studierenden bereits ohne Umwege mit der Vorstellung der fließenden Elektronen befassen.

Leitwert eines Elektrolyten

Die Tatsache, dass die Bioimpedanzanalyse auf elektrischen Widerstandsmessungen des menschlichen Körpers beruht, welcher zum Großteil aus Flüssigkeiten besteht, soll die erste Verbindung zur Ernährungswissenschaft sein. Eine weitere, dass physikalische Eigenschaften eines Materials Informationen zu dessen Zusammensetzung geben können (auch die Trinkwasseranalyse ist hier anzuführen).

Der Versuch selbst muss mit Wechselstrom, welcher erst in der darauf folgenden Einheit W behandelt werden soll, durchgeführt werden. Erklärungen dazu und zur Funktionsweise der Spannungsquelle, dem Funktionsgenerator, wurden auf das Notwendigste beschränkt, da diese für das Lernziel nicht relevant sind. Die genauen Anweisungen zur Benutzung des Geräts und zum experimentellen Aufbau sollten vorerst genügen.

Bei fünf unterschiedlichen Elektrodenabständen sollen Strom und Spannung gemessen und notiert werden und anschließend daraus mit dem Ohm'schen Gesetz Leitwerte und Widerstandswerte berechnet werden. Die Ergebnisse sollen vorerst nur qualitativ interpretiert werden, da der zeitliche Rahmen keine quantitative Interpretation erlauben würde. Diese sollte Teil der Nachbereitung werden.

Die Messungen sollen für zwei verschiedene Querschnittflächen durchgeführt werden (eine Fläche ist doppelt so groß wie die andere). Dazu wurden die Elektrolytwannen markiert und die Querschnittflächen angegeben um Messungenauigkeiten zu vermeiden) durchgeführt werden. Auch hier genügt vorerst ein quantitativer Vergleich der Messungen bei unterschiedlichen Querschnittflächen.

Abschließend soll die Leitfähigkeit des Elektrolyten mit einem Leitfähigkeitsmessgerät durchgeführt werden, da in der Nachbereitung, in der das Experiment didaktisch aufgearbeitet werden soll, dieser als Vergleichswert dienen soll.

Nachbereitung

Im abschließenden Kapitel sollte das bereits erarbeitete Wissen über den elektrischen Stromkreis (Ladung, Strom, Spannung, elektrische Leiter, Leistung, Messgeräte, Parallel- und Serienschaltung) noch einmal zusammengefasst und vertieft werden. Vor allem jene Erkenntnisse, die von den Studierenden selbst als Antwort auf diverse Fragen notiert wurden, sollten in diesem Kapitel exakt formuliert im Arbeitsbuch stehen, da eventuelle falsche Antworten oder Schlussfolgerungen spätestens in der Nachbereitung, auch im Hinblick auf die Leistungsüberprüfung, korrigiert werden sollten.

Wie bereits beschrieben, sollten in der Nachbereitung außerdem die gemessenen Werte des Elektrolytversuchs quantitativ ausgewertet und interpretiert werden.

Es wurden die Widerstands- und Leitwerte des Elektrolyten bei zwei unterschiedlichen Querschnittflächen für fünf verschiedene Elektrodenabstände bestimmt. Da beim Experiment, wie bereits erwähnt, mit einem konstanten Widerstand des Versuchsaufbaus zu rechnen ist, musste zuerst dieser bestimmt werden um die tatsächlichen Widerstands- und Leitwerte des Elektrolyten vergleichen zu können.

Dazu sollten die Studierenden die gemessenen Widerstandswerte in Abhängigkeit des Elektrodenabstands in ein Diagramm eintragen. Da davon ausgegangen werden musste, dass die ein Teil der Studierenden eine graphische Auswertung gemessener Daten zum ersten Mal alleine

durchführen würde, war auch hier eine sehr kleinschrittige Anleitung zur Konstruktion eines Diagramms mit entsprechender Achsenskalierung notwendig.

Da in jedem Fall eine eindeutige lineare Abhängigkeit des Widerstands vom Elektrodenabstand zu erkennen ist, sollten die Studierenden die beiden Graphen bei unterschiedlicher Querschnittfläche aufzeichnen und durch eine Extrapolation den konstanten Widerstand bei Abstand Null bestimmen. Durch Subtraktion dieser konstanten Widerstandswerte war es nun möglich die Widerstandswerte des Elektrolyten zu berechnen.

Die Studierenden sollten die Werte nun selbstständig interpretieren und ihre Beobachtungen notieren. Doch auch im Anschluss daran wurden theoretische Vertiefungen angeführt, anhand derer die Studierenden ihre Vermutungen kontrollieren können. Weiters sollte diese theoretische Nachbereitung den spezifischen Widerstand sowie die Leitfähigkeit vorstellen.

Als Abschluss sollten die Studierenden anhand ihrer Messungen (Querschnittfläche, Länge, Leitwert) die Leitfähigkeit des Elektrolyten berechnen können und diese mit der Messung mit dem Leitfähigkeitsmessgerät vergleichen.

Abschließend sollte noch einmal auf die Verwendung dieser Erkenntnisse in der Trinkwasseranalyse eingegangen werden.

4. Entwicklung, Aufbau und Inhalte der Übungseinheit W

4.1. Einleitung und Vorgaben

Die Übungseinheit W sollte anhand einfacher Wechselstromexperimente, welche bereits in den beiden bisherigen Einheiten Wechselstromwiderstände und Oszilloskop verwendet wurden, an die Übungseinheit E anschließen und die theoretischen Grundlagen für das abschließend neu geplante Bioimpedanzanalyseexperiment bieten.

Die Bioimpedanzanalyse sollte als sehr eindrucksvoller Bezug zur Ernährungswissenschaft, ebenso wie die neu gestaltete Lernumgebung, die Motivation der Studierenden heben. Die Experimente sollten in Form von interaktiven Bildschirmexperimenten in die bereits existierende Lernumgebung, eingebaut werden.

Da bereits mit der Übungseinheit E die theoretischen Grundlagen für die darauf aufbauende Einheit W entsprechend aufbereitet wurden, konnte direkt an diese mit der Einführung des Wechselstroms angeschlossen werden.

Jedoch sollten in der neu gestalteten Einheit die Experimente und deren Reihenfolge so gewählt werden, um den Studierenden möglichst verständlich die Grundlagen näherzubringen, die der komplexen Theorie zur Bioimpedanzanalyse zu Grunde liegen. Dieser ist der neue Teil der Einheit. Daher war es einerseits notwendig für das Bioimpedanzanalyseexperiment ein entsprechendes Konzept zu entwerfen, andererseits Form und Reihenfolge der Aufbereitung der bisherigen als auch der neuen Experimente in der Lernumgebung festzulegen.

Sobald ein Konzept für die Reihenfolge der Experimente entstanden war, konnte begonnen werden die interaktiven Bildschirmexperimente mit Texten, Animationen und Bildern in der Online – Lernumgebung der Übungen zu Physik für Ernährungswissenschaften zusammenzufügen.

4.2. Gestaltung der Experimente

Das interaktive Bildschirmexperiment

Da die neue Lernumgebung der Übungseinheit W mit einem Hypermedia-System, den interaktiven Bildschirmexperimenten gestaltet wurde, soll diese Möglichkeit der Informationsrepräsentation kurz vorgestellt werden.

Für jede vornehmbare Handlung und jede Anordnung des Experiments müssen Fotoserien oder Videosequenzen hergestellt werden. Die Fotos werden mit den Mausbewegungen des Benutzers so verknüpft, dass der Eindruck einer direkten Manipulation des abgebildeten Experiments entsteht.

Dazu war es notwendig, Fotoserien zu erstellen, die absolut keine Abweichungen im Aufbau erkennen lassen, da diese im IBE übergangslos aneinander gefügt werden sollten.

Aus diesem Grund wurden die Aufnahmen in einem dafür vorgesehenen verdunkelten Raum gemacht. Auf blauem Hintergrund und bei idealen Lichtverhältnissen wurden Fotoserien nach einem zuvor erstellten Drehbuch hergestellt. Die Technikerin des Praktikums programmierte nach Drehbuchvorlage in Rücksprache mit dem Studienautor interaktive und animierte Flash-Dateien.

Folgende Experimente waren bereits in den bisherigen Übungseinheiten in Verwendung und sollten nun als interaktive Bildschirmexperimente aufbereitet werden. Dazu wurden alle Experimente selbst durchgeführt, um währenddessen eventuelle Schwierigkeiten zu erkennen und erste Konzepte zur Gestaltung des interaktiven Bildschirmexperiments notiert.

Vergleich Multimeter – Oszilloskop

Als Wechselspannungsquelle dient der bereits in der Übungseinheit E verwendete Funktionsgenerator. An einen Ohm'schen Widerstand werden sechs verschiedene Wechselspannungen angelegt, welche gleichzeitig sowohl mit dem Oszilloskop, als auch mit dem Multimeter gemessen werden. Durch Berechnen der Quotienten von Amplitude und Multimeterwert soll der theoretische Zusammenhang erkannt werden.

Um dieses Experiment, welches ohne Änderungen in die Lernumgebung übernommen wurde, als interaktives Bildschirmexperiment verwenden zu können, mussten sechs Bilder bei unterschiedlichen Spannungen gemacht werden. Die Frequenzanzeige des Funktionsgenerators wurde im Nachhinein, wie in Abbildung 20 zu sehen ist, als Vereinfachung auf das Wesentliche (Cognitive Load Theory), mit der Schrift „Amplitude 1“ bis „Amplitude 6“ überschrieben. Zudem wurden die Anzeigen der Gleichspannungsquelle rechts geschwärzt, weil dieses Modul nicht verwendet wird.

Nachdem anhand einiger Probeaufnahmen die idealen Positionen und Einstellungen der Geräte gefunden waren, wurden die tatsächlichen Bilder erzeugt.

Zusätzlich zu den sechs Bildern, welche den gesamten experimentellen Aufbau (wie in Abbildung 20) zeigen, war es notwendig, weitere Großaufnahmen diverser Einstellungen und Anzeigen zu machen. Da die Studierenden die Amplituden der Spannungen mit den Multimetermessungen

ablesen und vergleichen sollen, mussten genaue Fotos von den Einstellungen der Drehknöpfe, sowie der Anzeigen am Multimeter und dem Oszilloskopbildschirm produziert werden. Diese Vergrößerungen sollten im interaktiven Bildschirmexperiment durch Anklicken sichtbar gemacht werden. Es sollte sich jedoch für die weiteren Experimente herausstellen, dass die Qualität der Fotos des experimentellen Aufbaus durch entsprechende Vergrößerung den Anforderungen genügt.

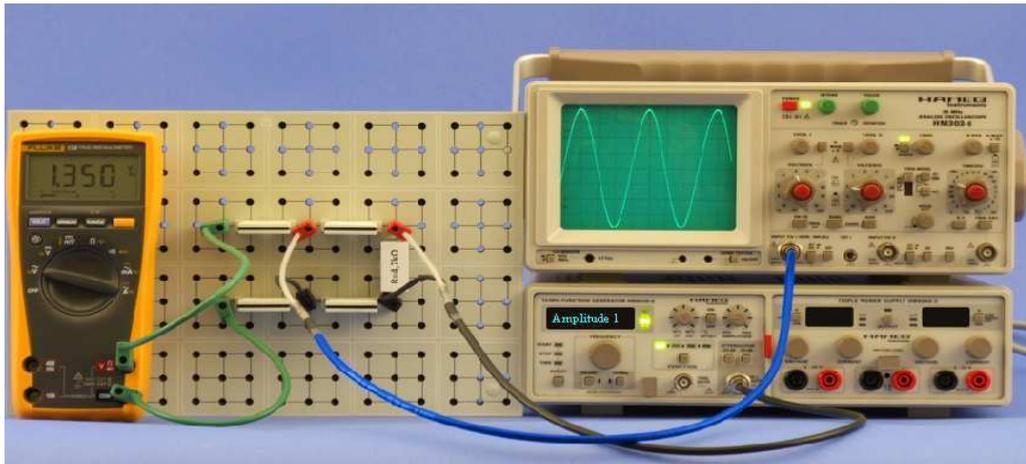


Abbildung 20: Experiment Vergleich Multimeter – Oszilloskop

Frequenzmessung

Es wird eine Wechselspannung bestimmter Frequenz an einen Ohm'schen Widerstand angelegt. Durch Ablesen der Periodendauer auf dem Oszilloskopbildschirm soll der Zusammenhang zur Frequenz erkannt werden.

Auch dieser Versuch wurde übernommen und ohne Änderung in ein interaktives Bildschirmexperiment eingearbeitet.

Die Studierenden sollten für zwei verschiedene Spannungen sowohl die einfache als auch die dreifache Periodendauer ablesen (siehe Abbildung 21). Dazu mussten für die beiden Spannungen jeweils zwei Fotos für die unterschiedlichen Zeiteinstellungen des Oszilloskops gemacht werden.

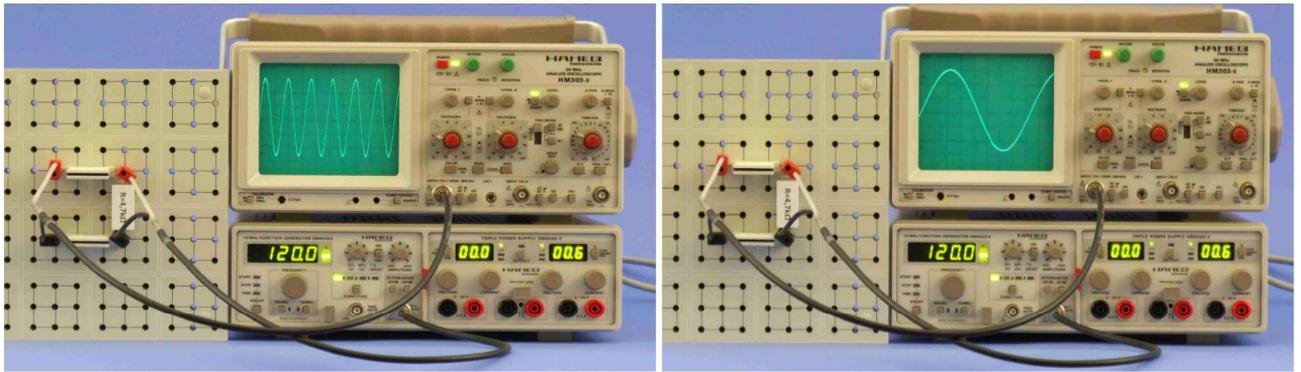


Abbildung 21: Bei einer Frequenz von 120 Hz zwei unterschiedliche Zeiteinstellungen des Oszilloskops – Im IBE sind die Anzeigen des Frequenzgenerators geschwärzt.

Serienschaltung von zwei Widerständen im Wechselstromkreis - Messen mit dem Oszilloskop

Zwei Ohm'sche Widerstände in Serie

Mit dem Oszilloskop werden die Ausgangsspannung sowie die Spannung am bekannten Widerstand im Wechselstromkreis gemessen und am Oszilloskopbildschirm dargestellt. Es ist zu sehen, dass die Nulldurchgänge in Phase sind und es lassen sich der unbekannte Widerstand sowie die Stromstärke berechnen.

Ein Ohm'scher und ein kapazitiver Widerstand in Serie

Anschließend wird der unbekannte Ohm'sche Widerstand durch einen kapazitiven Widerstand ersetzt und es soll somit gezeigt werden, dass sich die Spannungen nicht mehr in Phase befinden. Es lässt sich auch für diesen Versuchsaufbau die Stromstärke und somit auch der Gesamtwiderstand berechnen.

Die Auswertung der bisherigen Übungseinheit sah vor, dass die Studierenden aus der Teilspannung am kapazitiven Widerstand und dem Gesamtstrom mit dem Ohm'schen Gesetz den kapazitiven Widerstand berechnen und feststellen sollten, dass sich die beiden Widerstände nun nicht mehr zum Gesamtwiderstand addieren. Im Anschluss daran wird die Addition nichtohmscher Widerstände mit der Vektoraddition veranschaulicht.

All diese Berechnungen, welche erst zur Schlussfolgerung führen sollen, dass sich nichtohmsche Widerstände nicht zum Gesamtwiderstand addieren, führen sollen, verhindern eine eindrucksvolle Erkenntnis dieses Phänomens. Durch das Einsetzen der gemessenen Werte in vorgegebene Rechnungen sollten die Studierenden erst nach einigen Rechnungen eine Schlussfolgerung ziehen

können. Auch das Berechnen des nichtohmschen Widerstand mit dem Ohm'schen Gesetz ist eher zweifelhaft, da die Konzentration der Studierenden anstatt auf die zu ermittelnde Gesetzmäßigkeit auf die vielen Rechnungen gelenkt wird.

Aus all diesen Gründen wurde beschlossen, dieselben Größen zusätzlich auch mit Multimetern zu messen. Die Studierenden haben zu diesem Zeitpunkt bereits selbst mit Multimetern gearbeitet und sowohl eine eindrucksvollere und übersichtlichere Präsentation des Effekts als auch ein Messen mit bereits vertrauteren Instrumenten, sollten den Lerneffekt unterstützen.

Das Experiment sollte folglich zuerst aus einer Serienschaltung zweier Ohm'scher Widerstände bestehen, deren Größen sowohl mit dem Oszilloskop als auch mit Multimetern gemessen werden sollten. Im interaktiven Bildschirmexperiment für die Messung mit dem Oszilloskop sollten die Studierenden anschließend die Möglichkeit haben, mit der Maus den unbekanntes Ohm'schen Widerstand durch den kapazitiven Widerstand zu ersetzen, woraus sich ein Vorteil einer Präsentation der Phasenverschiebung ergibt.

Um dieses Experiment für das interaktive Bildschirmexperiment zu fotografieren bedurfte es sehr genauer Vorbereitungen, da Fotoserien benötigt wurden, die exakt denselben Aufbau darstellten. Deshalb wurde ein Drehbuch mit Probefotos erstellt, welches jeden einzelnen Schritt der Fotoserie beschrieb. Als Beispiel soll hier das Drehbuch für die Messungen der Serienschaltung mit dem Oszilloskop beschrieben werden.

Drehbuch für die Oszilloskopmessungen der Serienschaltung

Da das interaktive Bildschirmexperiment so gestaltet werden sollte, dass die Möglichkeit besteht die beiden unbekanntes Widerstände selbstständig an den freien Steckplatz im Stromkreis zu setzen, mussten Fotos von allen möglichen Positionen der Widerstände gemacht werden.

Weiters sollte eine Animation entstehen, die es ermöglichte, die Widerstände mit der Maus zu verschieben. Dazu mussten Fotos von schwebenden Widerständen gemacht werden. Diese wurden mit kleinen durchsichtigen Klebstreifen durchgeführt.

Ebenso sollten die Widerstände bei falscher Anwendung auf den Tisch fallen, weshalb auch Aufnahmen von beiden Widerständen auf dem Tisch liegend gemacht wurden.

4.3. Konzept der Onlineeinheit W

Folgendes Konzept wurde anhand der vorgesehenen Experimente festgelegt: Der Unterschied zur Präsenzeinheit sollte sein, dass sich die Online-Übungseinheit nicht in einen experimentellen Teil und einen Nachbereitungsteil aufteilen sollte, sondern die theoretischen Grundlagen direkt in die Aufbereitung des jeweiligen Experiment eingeflochten wurden. In Folge wird die Konzeption der Online-Übungseinheit W vorgestellt.

4.3.1. Wechselstrom

- **Einleitung und Ausblick**

- **Wiederholungsfragen zum Gleichstrom**

In diesem Kapitel sollten die Studierenden die entscheidenden Eigenschaften und Erkenntnisse des Gleichstrom aus der Übungseinheit E noch einmal wiederholen.

- **Theoretische Grundlagen zum Wechselstrom**

Auf die Übungseinheit E aufbauend sollte anhand der Vorstellung des Wasserstromkreis auch der Wechselstrom und dessen wichtigste Eigenschaften erläutert werden.

- **Darstellung und Funktionsweise des Oszilloskops**

In diesem Kapitel sollten die Studierenden die Funktionsweise des Oszilloskops kennen lernen und anhand einfacher Übungsbeispiele das Ablesen von Amplitude und Schwingungsdauer erlernen. Mit diesen Fähigkeiten sollten die Studierenden die darauf folgenden Versuche durchführen können.

- **Versuch Vergleich Multimeter – Oszilloskop**

- **Versuch Frequenzmessung**

4.3.2. Wechselstromwiderstände

- **Versuch Serienschaltung**

Zuerst soll der Versuch mit zwei Ohm'schen Widerständen mit Oszilloskop und Multimetern durchgeführt werden. Anschließend sollte der Ohm'sche Widerstand durch den kapazitiven Widerstand ersetzt werden und wieder auf beide Arten gemessen werden.

- **Auswerten des Experiments**

Anhand der Beobachtungen des Experiments soll die Addition nicht Ohm'scher Widerstände, der kapazitive Widerstand und die Phasenverschiebung erarbeitet werden.

- **Theoretische Vertiefung und Zusammenfassung**

4.3.3. Bioimpedanzanalyse

Da die Studierenden in den beiden Übungseinheiten E und W genügend physikalisches Wissen zum qualitativen Verständnis der Funktionsweise der Bioimpedanzanalyse erfahren haben, konnten abschließend an die beiden Elektrizitätseinheiten als direkte ernährungswissenschaftlicher Anwendung zwei Bioimpedanzanalysen mit einem Messgerät aus dem medizinisch-diagnostischen Anwendungsbericht durchgeführt und deren Messparameter behandelt werden. Dazu wurden zwei Testpersonen in vergleichbarem Alter und Körpergröße, jedoch mit sichtbarem Unterschied beim Körperfettanteil gewählt. Die beiden Messungen sollten den Studierenden als Film präsentiert werden.

4.4. Produktion der Filme zur Bioimpedanzanalyse

Es wurden zwei Testpersonen mit gleicher Körpergröße aber unterschiedlichem Gewicht ausgewählt, an denen eine Bioimpedanzanalyse durchgeführt werden sollte. Um zu demonstrieren, dass die Bioimpedanzanalyse tatsächlich eine sinnvolle Aussage über den Körper der Testpersonen machen kann, wurden zwei möglichst unterschiedliche Testpersonen gleichen Alters und gleicher Körpergröße untersucht.

Zusätzlich zur Bioimpedanzanalyse sollte eine Hautfaltenmessung (Calipometrie) der beiden Testpersonen die unterschiedlichen Fettanteile untersuchen (siehe Abbildung 22).

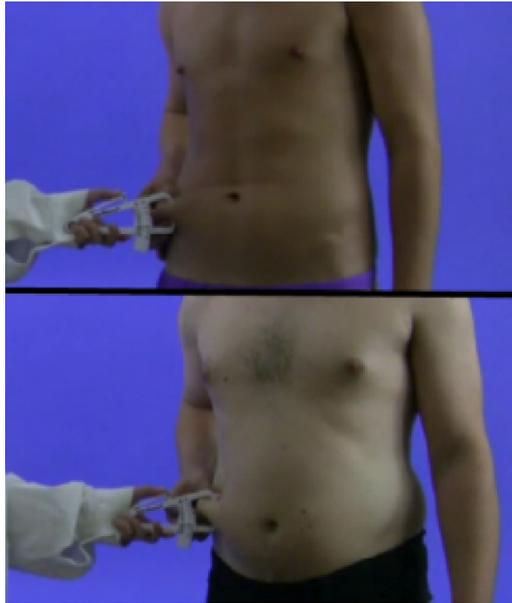


Abbildung 22: Fettfaltenmessung

Die Funktionsweise der Calipometrie ist im Anhang nachzulesen. Es wurde jedoch auf genauere Messungen an mehreren Messpunkten verzichtet, da lediglich eine grobe Einordnung der Testpersonen notwendig war.

Für jede Testperson wurde ein eigener Film gedreht. Zu Beginn wurde die Hautfaltenmessung durchgeführt. Eine eigene Einstellung sollte das Ergebnis der Messung darstellen, da diese von den Studierenden anschließend ausgewertet werden sollte. Anschließend wurden die Testpersonen an ein Bioimpedanzanalysegerät angeschlossen. Obwohl es genügt hätte, den Studierenden nur die



Abbildung 23: Messung mit dem Bioimpedanzanalysegerät

Werte der Messungen zu liefern, sollte der Film motivierend demonstrieren, wie eine Bioimpedanzanalyse tatsächlich durchgeführt wird (Abbildung 23). Das Anschließen der Testpersonen wurde anhand einiger Nahaufnahmen möglichst gut dokumentiert.

Auch von den gemessenen Werten wurden Großaufnahmen gefilmt, da diese ebenso wie die Calipometrie ausgewertet werden sollten. Zur Auswertung der Calipometrie wurde den Studierenden eine Tabelle angegeben, anhand welcher es möglich war den Zustand der Testpersonen zu ermitteln. Zur Auswertung der Bioimpedanzanalyse wurden Screenshots des Auswertungsprogramms in den Text eingebaut um zu demonstrieren, welche Werte und Aussagen eine Bioimpedanzanalyse liefert (Abbildung 24). Weiters sollten die Studierenden mit den gemessenen Widerstandswerten und dem bereits vermittelten Wissen selbst die Phasenverschiebung berechnen und diese mit den Werten des Auswertungsprogramms vergleichen können.

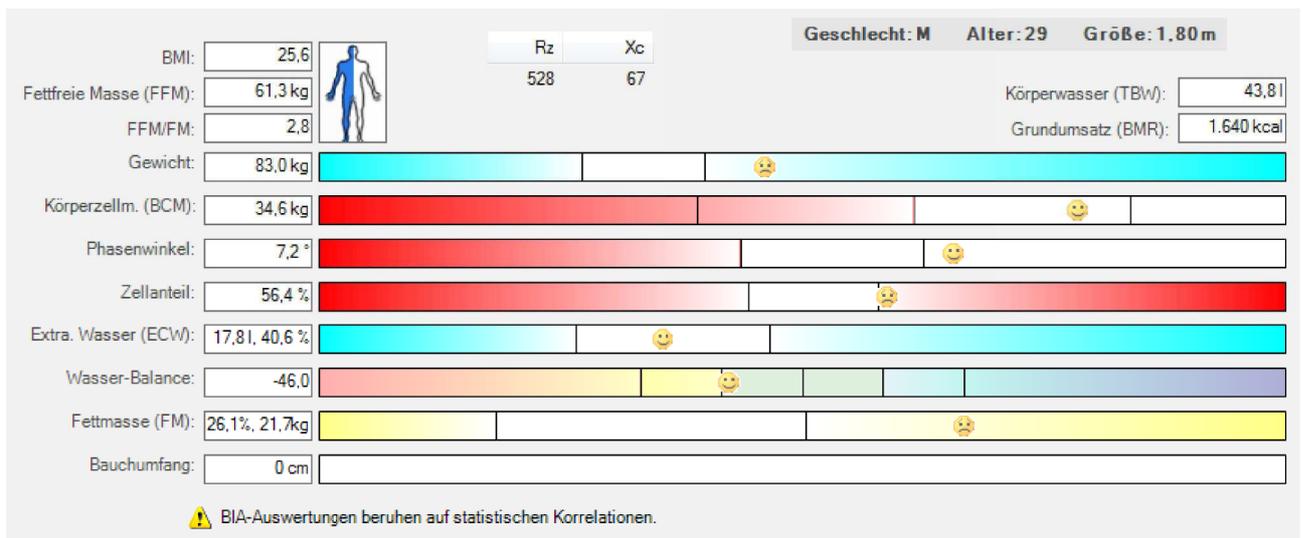


Abbildung 24: Auswertung der Messung mit dem Bioimpedanzanalysegerät

4.5. Erstellen der Online-Lerneinheit W in der hypermedialen Lernumgebung

Die eLearningumgebung für die neue Übungseinheit W ist bereits für andere Praktika in Verwendung (siehe Nagel 2009).

Diese ist so aufgebaut, dass die theoretischen Grundlagen auf den roten Seiten und Experimente, Übungsaufgaben, sowie Vertiefungen auf den blauen Seiten zu finden sind.

Die Seiten sind aufbauend verlinkt und bieten den Studierenden einen roten Faden zur Bewältigung der Einheit, jedoch ist es auch möglich, jederzeit auf die vorhergehende Seite zu wechseln.

Die Seiten können mit Bildern, Applets, Videos, Links und Fragen mit zugehörigen Antwortfeldern gestaltet werden. Weiters können Begriffe in einem Glossar mit deren Definition verlinkt und mit einem Mausklick jederzeit abgerufen werden.

Einleitung, Motivation und ernährungswissenschaftlicher Kontext

Auf dieser einleitenden Seite sollte an die Übungseinheit E angeknüpft und den Studierenden ein Überblick über die folgende Einheit gegeben werden, wobei aus motivierenden Gründen die Bioimpedanzanalyse bereits als Ziel der Einheit angegeben wird.

Wiederholungsfragen zum Gleichstrom

Da davon ausgegangen werden musste, dass den Studierenden die Grundlagen der Übungseinheit E nicht so präsent sein würden wie es notwendig wäre um darauf aufbauen zu können, sollten elementare Fragen die Studierenden dazu motivieren sich noch einmal mit den physikalischen Grundlagen des Gleichstroms auseinander zusetzen. Es handelt sich dabei um Fragen mit drei möglichen Antworten, deren Richtigkeit selbst überprüft werden kann. Aus motivierenden Gründen sollten diese Fragen nicht als Leistungsüberprüfung gesehen werden, sondern als freiwillige Selbstüberprüfung.

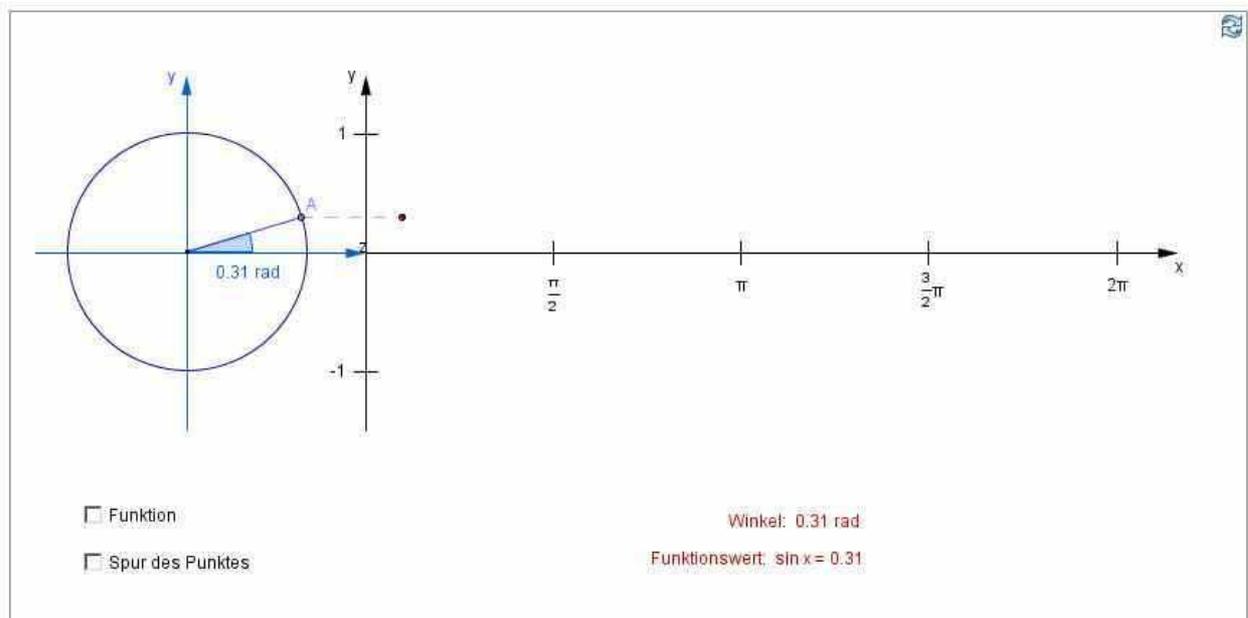
Wechselstrom

Um überhaupt Messungen mit dem Oszilloskop ausführen zu können, mussten die Studierenden zuerst eine theoretische Einführung erhalten. Ein große Herausforderung stellte das Bemühen dar, den Wechselstrom und seine Eigenschaften möglichst anschaulich und trotzdem physikalisch korrekt darzustellen.

Anhand des Analogons der Wasserströmung wurde an die Übungseinheit angeknüpft. Die Veränderung der potentiellen Energie der Becken stellt die Veränderung der Spannung dar. Die verschiedenen Arten des Wechselstroms sollten nur kurz erwähnt werden um sich anschließend auf den sinusförmigen Wechselstrom zu konzentrieren.

Kreisbewegung und Sinusfunktion

Der Sinus des Winkels x entspricht der Ordinate des Punktes A auf dem Einheitskreis. Aus der Bewegung dieses Punktes heraus entsteht der Graph der Sinusfunktion.



Olaf Schimmel, Erstellt mit [GeoGebra](#)

Abbildung 25: Animation - Sinusfunktion

Um allen Studierenden, mit unterschiedlichem Vorwissen, die Möglichkeit zu geben die graphische Darstellung des Wechselstroms zu erfassen, wurde eine Wiederholung der herkömmlichen Sinusfunktion eingebaut. Mit Hilfe eines Graphen und zweier Animationen (Abbildung 25), welche mit Geogebra erstellt wurden (die Graphen der Übungseinheit wurden ausnahmslos vom Autor erstellt, hingegen wurden bereits verfügbare Animationen verlinkt und nur jene neu erstellt die notwendig waren), sollten den Studierenden die Eigenschaften der Sinusfunktion anschaulich näher gebracht werden.

Mit Hilfe dieser Graphen und Animationen wurden den Studierenden die Begriffe Periode und Amplitude erläutert. Mit einer sehr anschaulichen Betrachtung des sinusförmigen Wechselstroms,

in der anhand von einigen Graphiken die einzelnen Abschnitte des Wechselstroms dokumentiert werden, sollte die graphische Darstellung besonders gut verinnerlicht werden.

In diesem Kapitel wurde jedoch gänzlich auf den Begriff Frequenz verzichtet, da dieser experimentell selbst erarbeitet werden sollte.

Darstellung mit dem Oszilloskop

Mit diesem Wissen mussten die Studierenden nur noch etwas über die Funktionsweise des Oszilloskops erfahren um die ersten beiden Versuche ausführen zu können. Mit Geogebra-Graphen und Fotos des Oszilloskopbildschirms und dessen Einstellungen lernen die Studierenden Schritt für Schritt Amplituden und Periodendauern messen. Bei unterschiedlichen Einstellungen können die Studierenden Messungen durchführen und auch kontrollieren, bevor sie die tatsächlich mit den Experimenten beginnen.

Experiment Vergleich Oszilloskop - Multimeter

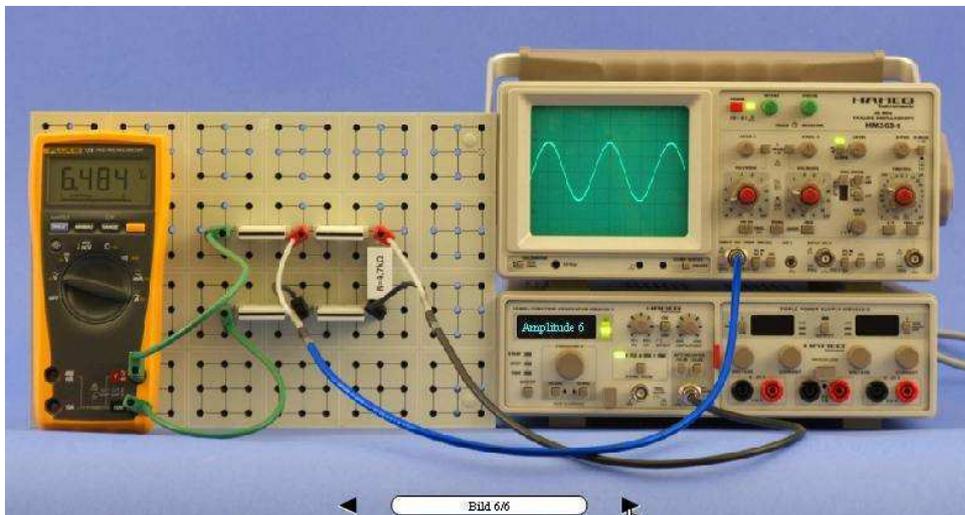


Abbildung 26: Experiment: Oszilloskop - Multimeter

Wie bereits beschrieben, sollen die Studierenden sechs Spannungswerte gleichzeitig mit Multimeter und Oszilloskop messen (Abbildung 26). Die Multimeterwerte werden anschließend mit den Amplitudenwerten verglichen und der Quotient der beiden Werte errechnet. Die Studierenden

sollen dabei feststellen, dass die Werte etwa um den Faktor $\sqrt{2}$ verschieden sind und eine Schlussfolgerung ziehen.

Auf einer weiteren Seite soll den Studierenden deren Vermutung bestätigt und anhand eines Geogebra-Graphen der theoretische Hintergrund des Effektivwerts der Spannung beschrieben werden.

Experiment Frequenzmessung

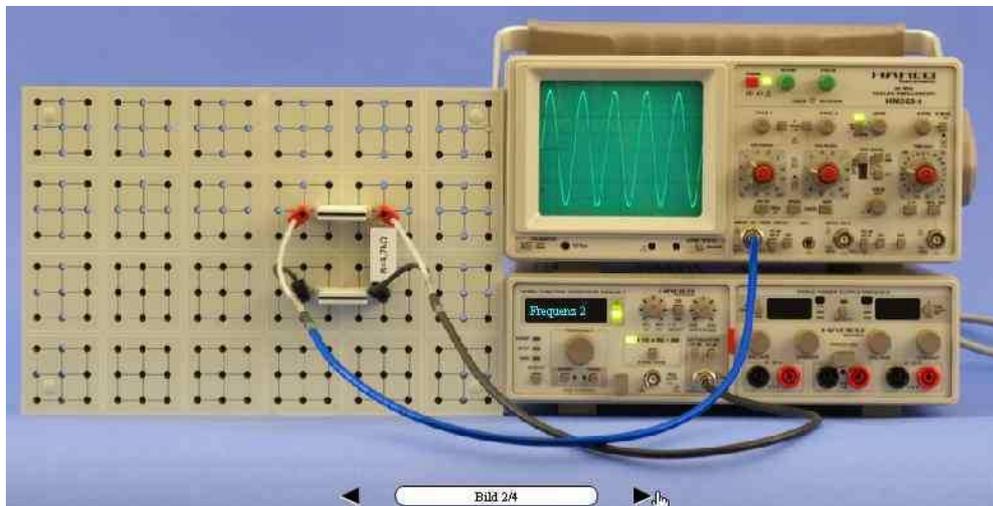


Abbildung 27: Experiment: Frequenzmessung

Das bereits beschriebene Experiment sollte mit zwei verschiedenen Frequenzen durchgeführt werden (Abbildung 27). Durch das Messen der Periodendauer sollten die Studierenden durch Berechnen des Kehrwerts den Zusammenhang zwischen Frequenz und Periodendauer erkennen und verstehen. Anhand einer Rechenaufgabe sollte der soeben erkannte Zusammenhang noch einmal wiederholt und angewandt werden.

Theorie des Wechselstroms

In diesem Kapitel sollte den Studierenden die mathematische Beschreibung des periodischen Wechselstroms näher gebracht werden. Ausgehend von der winkelabhängigen Sinusfunktion soll durch das Zurückführen auf die Kreisbewegung und die Winkelgeschwindigkeit der von der Zeit abhängige Wechselstrom beschrieben werden. Mit zwei Animationen, die einerseits die

winkelabhängige Sinusfunktion und andererseits die zeitabhängige Spannungsfunktion (Abbildung 28) zeigen, soll den Studierenden der Unterschied anschaulich gezeigt und damit auch die mathematische Beschreibung verständlich werden.

Animation zur Definition der Schwingungsgleichung

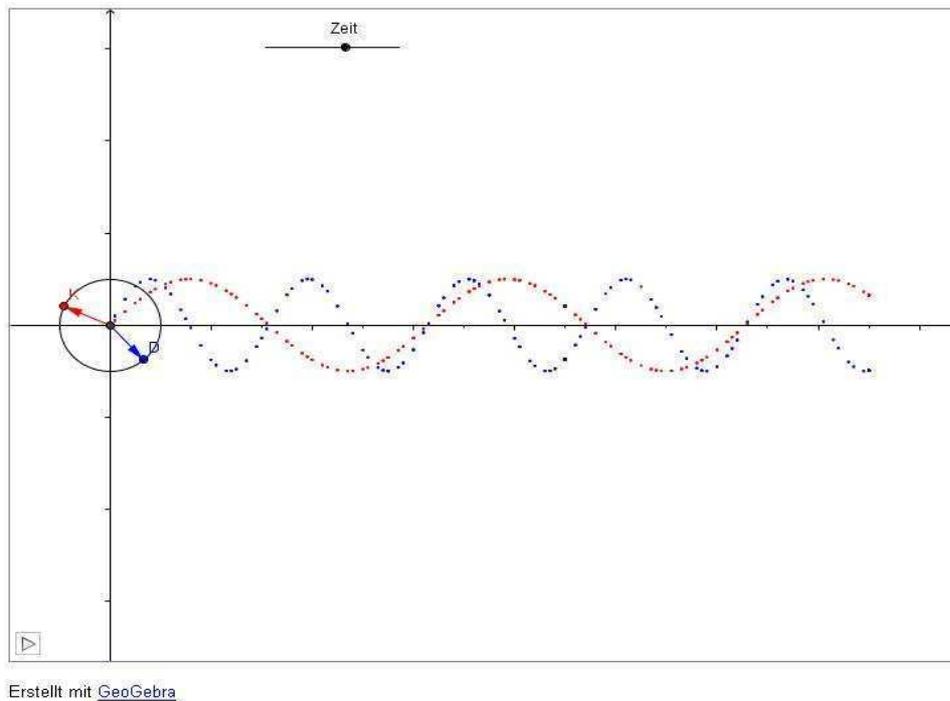


Abbildung 28: Animation: zeitabhängige Schwingungen

Mit weiteren Geogebra graphen (Abbildung 29) werden das Ohm'sche Gesetz, die Leistung und der Effektivwert noch einmal vertieft.

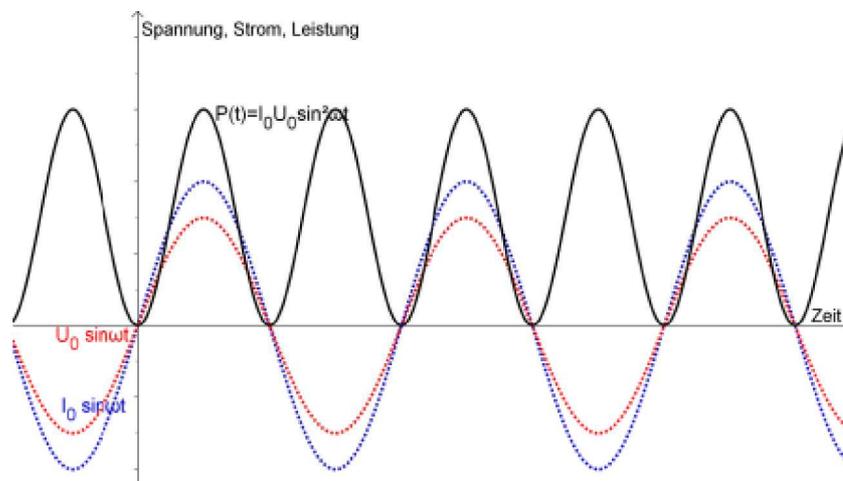


Abbildung 29: Graph: Leistung des Wechselstroms

Wechselstromwiderstände

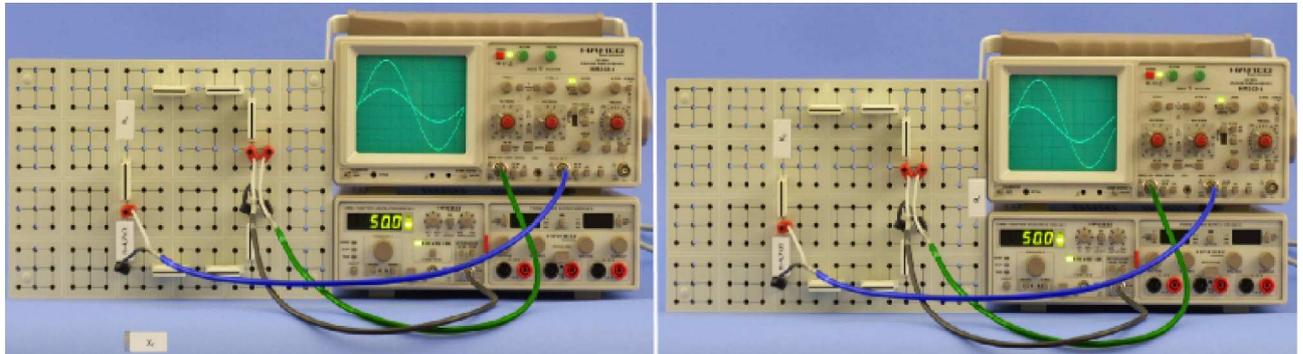


Abbildung 30: Experiment: Wechselstromwiderstände

Als Einstieg wird eine Messung an der bereits bekannten Serienschaltung verwendet. In diesem Teil soll das Ohm'sche Gesetz an zwei seriellen Ohm'schen Widerständen im Wechselstromkreis überprüft werden (Abbildung 30 rechtes Bild – R_x wird eingesetzt). Zuerst sollen die Studierenden eine qualitative Interpretation (mit besonderem Augenmerk auf die Nulldurchgänge der Spannungen) der Darstellung des Oszilloskops vornehmen, um anschließend durch Berechnen des unbekannten Widerstands die Addition der Teilspannungen zu überprüfen. Dazu bekommen die Studierenden immer wieder Tipps und eine teils kleinschrittige Anleitung, da das Anwenden des Ohm'schen Gesetzes auf den, für die Studierenden noch eher unbekanntem Wechselstromkreis nach nur einer Übungseinheit sehr viel verlangt wäre.

Die Messungen des Multimeters (Abbildung 31) sollten danach einen wiedererkennenden Effekt haben.

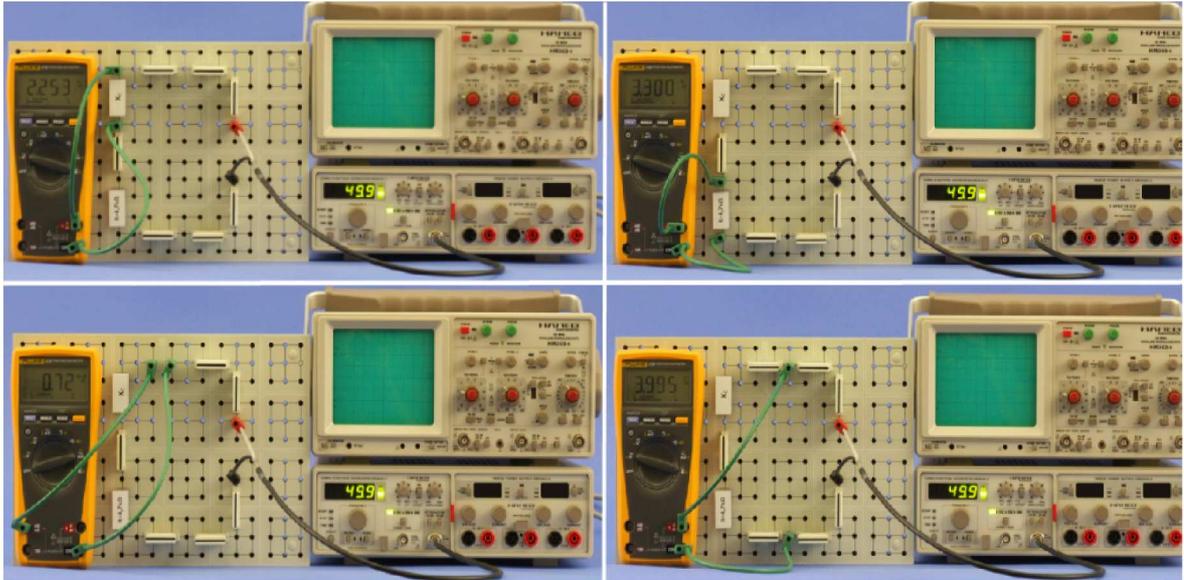


Abbildung 31: Experiment: Multimetermessung

Eine Serienschaltung wurde in der Übungseinheit E bereits mit Multimetern überprüft. Die Durchführung der Multimetermessung mit einer anderen Ausgangsspannung, sollte den Studierenden demonstrieren, dass der unbekannte Widerstand trotzdem den gleichen Wert aufweist und die Addition der Teilspannungen bei jeder Ausgangsspannung gegeben ist.

Im nächsten Schritt sollen die Studierenden den unbekanntes Ohm'schen durch den kapazitiven Widerstand ersetzen und einen qualitativen Unterschied notieren.

In weiterer Folge wird die Addition der Teilspannungen aber zuerst mit der Multimetermessung untersucht. Das Ablesen der Werte ist in diesem Fall einfacher und bereits mehrfach geübt worden.

Um sich möglichst auf den entscheidenden Lerneffekt konzentrieren zu können, sollten die Studierenden zuerst die Möglichkeit haben, dies mit der einfacheren Messmethode zu tun. Mit denselben Rechenschritten wie zuvor im Falle der beiden Ohm'schen Widerstände wird die Addition der Teilwiderstände sowie jene der Teilspannungen überprüft und festgestellt, dass diese nun nicht mehr gegeben ist. Es wird jedoch im Gegensatz zum bisherigen Experiment anhand der Multimetermessung experimentell festgestellt, dass das Ohm'sche Gesetz sowohl am Ohm'schen Widerstand als auch für Gesamtspannung, Gesamtwiderstand und Stromstärke seine Gültigkeit behält. Die Addition nichtohmscher Widerstände wird anschließend mit graphischer Unterstützung anhand der Vektoraddition erklärt.

Mit all diesem Wissen ist es danach möglich, die Oszilloskopmessung durchzuführen und aus Gesamtspannung und Teilspannung am Ohm'schen Widerstand den kapazitiven Widerstand zu berechnen.

Daran anschließend wird die soeben experimentell festgestellte physikalische Eigenschaft eines kapazitiven Widerstands theoretisch behandelt. Um den Kontext zur Ernährungswissenschaft zu verdeutlichen, wird auf die zahlreichen Strukturen in lebender Materie, die sich elektrisch wie Kondensatoren verhalten (z.B.: Zellmembran stoffwechselaktiver Zellen) hingewiesen.

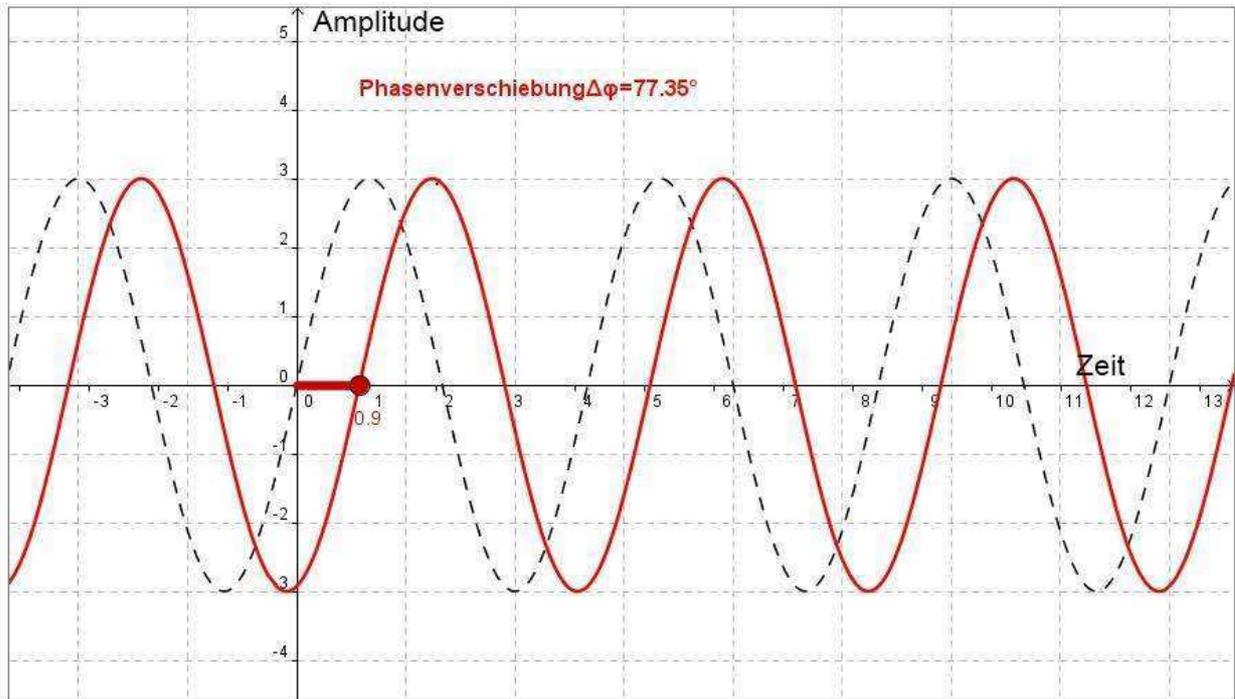
Phasenverschiebung

Mithilfe von Bildern, Graphen und einer Animation, welche die Phasenverschiebung auf die Kreisbewegung zurückführt, wurden alle notwendigen physikalischen Hintergründe dargestellt. Kurze Rechenaufgaben ermöglichen eine sofortige Anwendung des eben Erlernten.

Nachdem die Phasenverschiebung theoretisch dargestellt wurde, sollten die Studierenden diese, auf das soeben durchgeführte Experiment zurückkommend, selbst bestimmen. Anhand der Oszilloskopdarstellung der beiden Spannungen sollen die Studierenden die Phasenverschiebung von Strom und Spannung ermitteln. Auf einer eigenen blauen Seite sollte den Studierenden mit einer weiteren Geogebraanimation (Abbildung 32) das Ablesen und Berechnen (Phasenverschiebung durch Periodendauer multipliziert mit 360) der Phasenverschiebung erläutert werden.

Auf einer abschließenden Seite wurden noch einmal alle Erkenntnisse und Informationen gesammelt und zusammengefasst.

Bestimmung der Phasenverschiebung



Erstellt mit [GeoGebra](#)

Abbildung 32: Animation Phasenverschiebung

Die Bioimpedanzanalyse

Mit dem Wissen der beiden Übungseinheiten E und W konnten den Studierenden die Funktionsweise und die physikalischen Hintergründe der Bioimpedanzanalyse näher gebracht werden. Dabei war es besonders schwierig, konsistente und im Detail physikalisch korrekte Erklärungen zu finden. Es wurde ein vereinfachtes Ersatzschaltbild von Körperwiderständen benutzt (Abbildung 33).

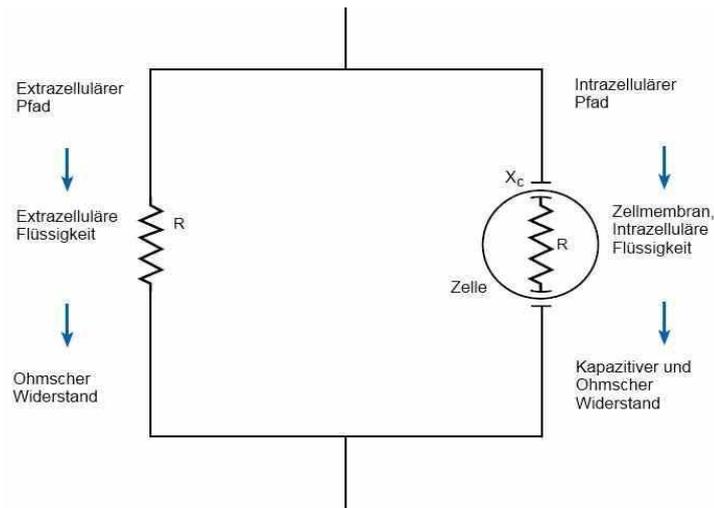


Abbildung 33: Ersatzschaltbild von Körperwiderständen nach BIA-Kompendium III. der Firma Data Input

Dieses ergibt eine Parallelschaltung einer Zelle und dem Interstitium. Bei unterschiedlichen Frequenzbereichen werden unterschiedliche Widerstandswerte zu erwarten sein, da der kapazitive Widerstand der Zelle, wie kurz zuvor gelehrt, frequenzabhängig ist. Je nach Frequenzbereich lassen sich unterschiedliche Widerstandswerte bestimmen. All diese Werte sind Parameter für bestimmte Eigenschaften des menschlichen Körpers. Liegt eine Wechselspannung mit niedriger Frequenz (1 Hz bis 5 kHz) an, so ist der kapazitive Widerstand im Vergleich zum Ohm'schen Widerstand sehr groß. Mit steigender Frequenz verringert sich der kapazitive Widerstand bis die beiden parallelen Widerstandsäste aus Abbildung 33 gleich groß sind. Bei sehr hoher Frequenz (100 kHz) wird der kapazitive Widerstand verschwindend klein. Je nachdem in welchem Verhältnis die beiden Widerstandsäste sind, kann man folglich die kapazitiven und Ohm'schen Widerstand der Zellen messen. In diese Überlegungen fließen sehr viele physikalische Gesetzmäßigkeiten aus den beiden Einheiten ein und für die Studierenden sollte dieses abschließende Experiment zeigen, dass mit den erlernten Informationen tatsächlich ernährungswissenschaftlich gearbeitet werden kann. Da die Studierenden zu allen physikalischen Hintergrundinformationen, die für das Bestimmen der errechneten Größen der Bioimpedanzanalyse notwendig sind, auch deren Schlussfolgerung für die Zusammensetzung des menschlichen Körpers präsentiert bekommen, sollte es ein tatsächlich sehr motivierender Abschluss der Übungseinheiten sein. Durch die bereits beschriebenen Filme und das anschließende Berechnen der Phasenverschiebung wird den Studierenden gezeigt, dass sie mit dem erarbeiteten Wissen die Berechnungen des Programm auch selbst durchführen können. Dies sollte sehr deutlich zeigen, wie gut die physikalischen Gesetze in die Bioimpedanzanalyse einfließen und auch anwendbar sind.

5. Deskriptive Analyse der Übungseinheiten

Die abschließende deskriptive Analyse der beiden Übungseinheiten soll der erste Evaluationsschritt der Entwicklung der neuen Übungseinheiten sein und der Weiterentwicklung der beiden Arbeitsbücher dienen. Diese sollte einen Einblick in die Nutzungsformen und Lernhandlungen der Studierenden bringen.

5.1. Evaluationsstrategie

Die Evaluationsstrategie beruht auf dem Konzept der Methodentriangulation, wie sie Flick (2004) beschreibt. Dieses Konzept wurde um einen Fragebogen erweitert. Triangulation besteht im Rahmen der Aktionsforschung zur Weiterentwicklung von Unterrichtskonzepten aus der Verbindung von Beobachtung und Interview. Dazu werden nach Altrichter und Posch (2007) Daten aus drei Perspektiven gesammelt.

- Perspektive der Lehrperson (z.B. durch ein Interview)
- Perspektive einzelner Studierender (z.B. durch ein Interview)
- Perspektive von neutralen Dritten (z.B. durch Beobachtung)

Im Rahmen der deskriptiven Analyse der Übungseinheit E wurden folgende Methoden der qualitativen empirischen Sozialforschung angewandt (siehe Abbildung 34).

- Perspektive des Entwicklers (durch direkte Beobachtung mit einem Aktionsforschungsraster)
- Perspektive einzelner Studierender (durch narrative Interviews)
- Perspektive eines neutralen Dritten (durch ein narratives Interview mit einem erfahrenen Kursleiter)

Im Rahmen der deskriptiven Analyse der Übungseinheit W wurden folgende Methoden der qualitativen empirischen Sozialforschung angewandt (siehe Abbildung 35).

- Perspektive des Entwicklers (durch direkte Beobachtung mit einem Aktionsforschungsraster)

- Perspektive einzelner Studierender (durch Online-Verlaufs-Protokolle und Antwortenprotokolle)
- Perspektive eines neutralen Dritten (durch Anregungen der Kursbetreuer)

Jede dieser Methoden wird im Folgenden einzeln ausgewertet und interpretiert.

Der Fragebogen Post soll zur Festigung der Hypothesen aus den Triangulationsmethoden (siehe Abbildungen 34 und 35) dienen.

Die Ergebnisse aller Methoden werden gegenübergestellt und im abschließenden Kapitel zusammengefasst.

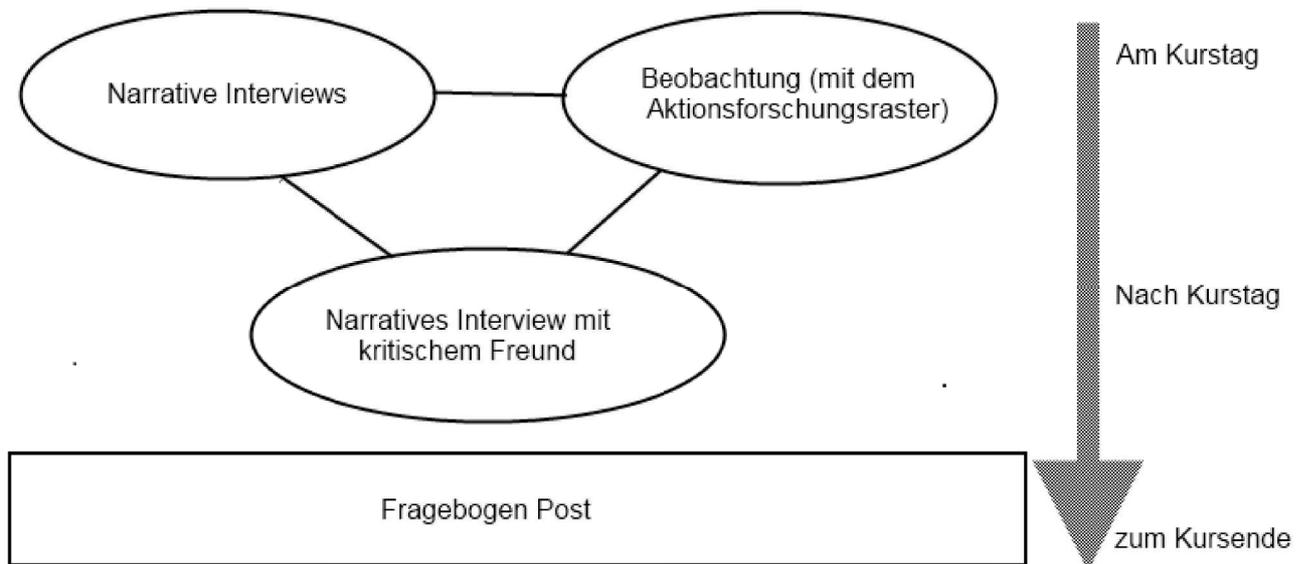


Abbildung 34: Methoden zur qualitativen Analyse der Übungseinheit E

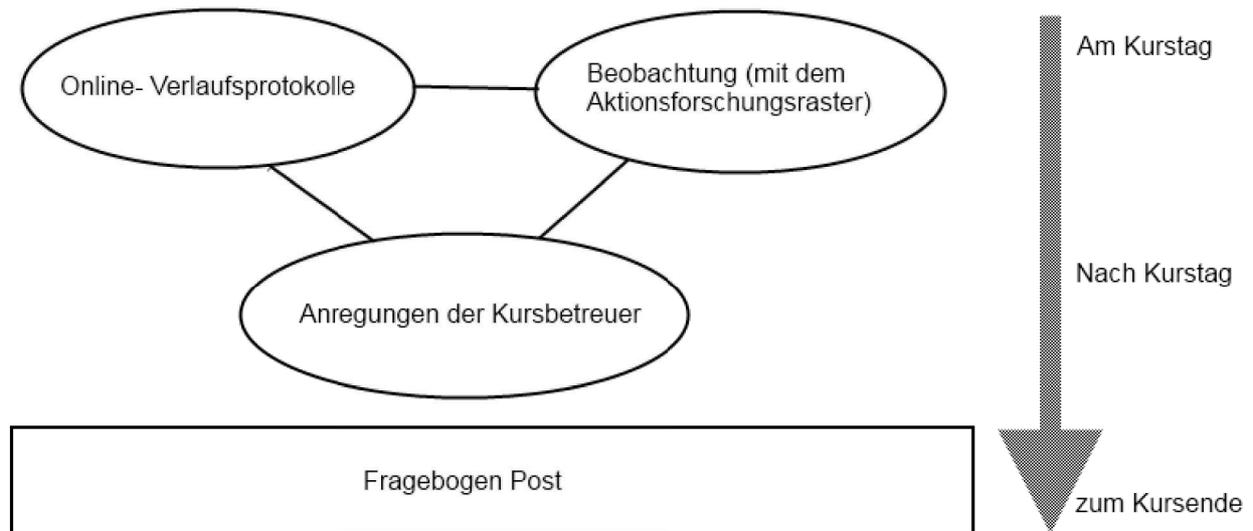


Abbildung 35: Methoden zur qualitativen Analyse der Übungseinheit W

5.2. Theoretischer Rahmen und Methodenbeschreibung

Nach Altrichter und Posch (2007) ist eine Analyse von Daten durch folgende Einzelprozesse charakterisierbar:

- 1) Daten lesen: sich die verfügbaren Informationen bewusst machen,
- 2) Daten reduzieren: relevante Informationen auswählen,
- 3) Daten explizieren: sich die Bedeutung der Daten bewusst machen,
- 4) Daten strukturieren und kodieren: die Informationen ordnen und begrifflich fassen,
- 5) Zusammenhänge aufbauen: Annahmen formulieren und die einzelnen Begriffe in plausible und durch Daten belegbare Beziehungen bringen,
- 6) die Interpretationen und den Analyseprozess prüfen.

Die ersten fünf Punkte sollte man sich nach Altrichter und Posch (2007) allerdings als Aspekte oder Teilprozesse der umfassenderen Tätigkeit des Analysierens und Interpretierens vorstellen, da diese nicht immer fein säuberlich aufeinander folgen, sondern ineinander greifen und einander hervorbringen.

Nach Altrichter und Posch (2007) stehen im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens drei Kriterienbereiche der Aktionsforschung im Vordergrund:

- Erkenntnistheoretische Kriterien: diese beziehen sich auf die Güte der Befunde,
- Pragmatische Kriterien: diese beziehen sich auf die Verträglichkeit der Forschungsmaßnahmen mit der Unterrichtspraxis,
- Ethnische Kriterien: diese basieren auf der Vereinbarkeit mit den pädagogischen Zielen und auf den Grundsätzen humaner Interaktion.

Der Forschungsprozess dieser Arbeit gerät in keinerlei Konflikt mit den pädagogischen Zielen und entspricht den Grundsätzen humaner Interaktion.

Im Sinne der erkenntnistheoretischen Kriterien gilt es weiters, die Objektivität, Reliabilität und Validität der Daten sicherzustellen.

Die Objektivität der Analyse wird durch das Nachvollziehen und gemeinsame Reflektieren durch mehrere Personen sichergestellt.

Die Validität wird nach Altrichter (1986) durch das kritische Gegenüberstellen der Ergebnisse aller einzelnen Forschungsprozesse überprüft.

Eine Reliabilitätsprüfung lässt sich für diesen mehrschichtigen Forschungsansatz nicht sinnvoll anwenden, da eine Wiederholbarkeit unter gleichen Bedingungen nicht durchführbar ist. Der Fragebogen wird jedoch mittels SPSS stichprobenartig einer Reliabilitätsprüfung unterzogen.

Im folgenden werden die einzelnen Methoden zur Gewinnung von Daten beschrieben, welche nach Altrichter und Posch analysiert wurden.

5.2.1. Narrative Interviews mit Studierenden zur Übungseinheit E

Mit zwei Studierenden, die sich freiwillig melden, wird ein leitfadengestütztes narratives Interview bezüglich der Übungseinheit geführt (Vgl. dazu Lamnek (1995), sowie Brüsemeister (2000) und Schütze (1978)). Das Ziel der Interviews ist, von den Studierenden zu erfahren, wie die Übungseinheit erlebt wurde. Erste Rückmeldungen zum neugestalteten Arbeitsbuch sollten eventuelle Schwachstellen und Verbesserungsvorschläge zu dessen Gestaltung hervorbringen.

Da sich jedoch nur für die Übungseinheit E Studierende für ein Interview bereit erklärten, konnte diese Methode nur für das Arbeitsbuch angewandt werden.

Die Einstiegsfrage sollte möglichst offen formuliert werden, um die Studierenden selbst wählen zu lassen, womit das Interview begonnen wird. Anhand des folgenden Leitfadens sollten zuerst allgemeine Fragen zur Übungseinheit gestellt werden, um anschließend jene Punkte des Arbeitsbuchs zu besprechen, zu denen, aus der Sicht der Ersteller, die Meinungen der Studierenden für die Weiterentwicklung relevant wären. Der Leitfaden sollte dem Interviewer als Hilfe dienen sich zu orientieren, was bereits von den Studierenden gesagt und welche Punkte noch zu besprechen waren.

- **Einstiegsfrage**

Da das neue Arbeitsbuch in Ihrem Kurs zum ersten Mal eingesetzt wurde, ist es für dessen Weiterentwicklung und Verbesserung notwendig, von tatsächlich damit arbeitenden Studierenden Rückmeldungen zu bekommen. Wie haben Sie die Übungseinheit erlebt und wie hat sie Ihnen gefallen?

- Waren Sie in der Lage anhand der Unterlagen selbstständig zu arbeiten (Wo nicht, wie oft, warum)?
- Wie schwer fiel Ihnen die Übungseinheit im Vergleich zu anderen (gab es schwerere)?
- War genügend Zeit um sich in Ruhe mit den Aufgaben zu befassen?
- Konnten Sie bereits gelerntes Wissen brauchen bzw. anwenden (M1, Vorlesung, Schule)?
- Konnten Sie Zusammenhänge zu anderen Übungseinheiten erkennen (Inhaltlich, methodisch, innerhalb und außerhalb der Einheit)?
- Hatten Sie Schwierigkeiten, sich mit den Messgeräten vertraut zu machen und damit zu arbeiten?
- Konnte der ernährungswissenschaftliche Bezug Ihr Interesse an den Versuchen steigern?

Gezielte Fragen zum Arbeitsbuch zur Übungseinheit E

- War der einleitende Teil gut verständlich? Stellte dieser eine gute Vorbereitung auf das Folgende dar? Konnte der Text bereits Bekanntes verständlicher machen?
- Gab es Probleme beim Umrechnen von Einheiten (Ohm in Kiloohm, Milliampere in Ampere – zum Beispiel in den Tabellen 6 und 7)?
- War es möglich anhand des Textes die Fehlerrechnung nicht nur durchzuführen, sondern auch zu verstehen (speziell die Formel für den relativen Fehler)?

- Wäre es besser anstatt eines Beispiels eine Anleitung zum Berechnen des absoluten Fehler zu liefern?
- Ist es einfach anhand des Textes den Unterschied von parallel und seriell geschalteten Messgeräten zu erarbeiten? - Wie finden Sie die Erklärung auf Seite 15 unten, den Stromkreis mit dem Finger abzufahren?
- Was halten Sie davon Ihre Beobachtung zu notieren und erst im Nachhinein zu erfahren ob und was richtig ist? Fiel es Ihnen schwer Vermutungen und Beobachtungen zu notieren?
- Konnten Sie durch die vielen Messungen zur Serienschaltung anhand des Experimentierens diese besser verstehen als dies in einer Vorlesung möglich ist oder war?
- Ist es schwierig mit dem Funktionsgenerator zu arbeiten? Stört es den Versuch zu verstehen wenn mit Wechselstrom gearbeitet wird ohne diesen genauer kennen gelernt zu haben?
- Hatten Sie Zeit bzw. Lust die Parallelschaltungsexperimente auszuprobieren?
- Beantwortet die Nachbereitung eventuelle offen gebliebene Fragen?
- Denken Sie, dass es zumutbar ist, die lineare Regression des Elektrolytbeispiels selbstständig zu erledigen? Hatten Sie Schwierigkeiten bei der Auswertung (Diagramm zeichnen, Zusammenhang erkennen,...)?
- Sind die Formeln für spezifischen Widerstand und Leitfähigkeit genau genug erklärt, um die beiden nicht mehr zu verwechseln?
- Eventuelle Verbesserungsvorschläge

Die anonymen Interviews wurden auf einem Digitaltonträger aufgezeichnet, in eine Audiodatei konvertiert und nach Altrichter und Posch (2007) analysiert.

5.2.2. Beobachtung mit dem Aktionsforschungsraster zu den Übungseinheiten E und W

Anhand eines vorgefertigten Rasters (siehe Abbildungen 36 und 37), wurde die Lehr- und Lernsituation einer gezielten Prozessbeobachtung unterzogen. In Anlehnung an das Forschungstagebuch nach Altrichter und Posch (2007) für forschende Lehrende wurde eine Abwandlung entworfen. Für alle Kapitel der Einheiten bot der Raster die Möglichkeit anhand der Interaktionen zwischen Betreuern und Studierenden etwaige Problemstellen des Arbeitsbuchs zu ermitteln.

Alle Beobachtungen während des Kurses wurden in den Raster eingetragen und anschließend analysiert.

	Zeit	Anzahl der gestellten Fragen	Art der Fragen	Wie reagieren Betreuer auf Fragen	Ist Wissen aus vorrangegangenen Kursen vorhanden?	Sonstiges
Lesen bis zum 1. Versuch						
1. Versuch inklusive Tabelle 2						
Strom und Spannungsmessung						
Fehlerrechnung						
Serienschaltung						
Lesen der Vorbereitung für Elektrolytversuch						
Elektrolytversuch inkl. Tabellen 6 und 7						
Leitfähigkeitsmessung						
Parallelschaltung						
Nachbereitung						

Abbildung 36: Aktionsforschungsraster - Präsenzeinheit E

	Zeit	gibt es ein Problem - Art des Problems	Anzahl der gestellten Fragen	Art der Fragen	Ist Wissen aus vorangegangenen Kursen vorhanden?	Sonstiges
1 Wechselstrom						
Was ist Wechselstrom						
1.2 Sinusförmiger Wechselstrom						
1.3 Darstellung mit dem Oszilloskop						
1.4 Vergleich Multimeter- Oszilloskop						
1.5 Die Frequenz						
1.6 Kurzer Ausflug in die Theorie des Wechselstroms						
2 Wechselstromwiderstände						
2.1 Serienschaltung mit Ohmschen Widerständen						
2.2 Serienschaltung mit Nichtohmschen Widerständen						
2.3 Addition von Nichtohmschen Widerständen						
2.4 Berechnen von X_c						
2.5 Der kapazitive Widerstand						
2.6 Frequenzabhängigkeit von Nichtohmschen Widerständen						
2.7 Die Phasenverschiebung						
2.8 Komplexe Wechselstromwiderstände (Impedanzen)						
3 BIA - Die Bioimpedanzanalyse						
3.1 Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers						
3.2 Der Ohmsche Widerstand des menschlichen Körpers						
3.3 Phasenverschiebung als Messparameter						
3.4 Multifrequenzmessung						
3.5 Messen mit dem Bioimpedanzanalysegerät						

Abbildung 37: Aktionsforschungsraster Onlineeinheit W

5.2.3. Narratives Interview mit Kursleiter zur Übungseinheit E

Als dritten Teil der Triangulation ist die Meinung eines unbeteiligten Dritten – auch kritischer Freund genannt- vorgesehen. Dazu sollte ein zusätzliches narratives Interview mit einem erfahrenen Kursleiter geführt werden, um zu den eigenen Beobachtungen und den Rückmeldungen der Studierenden noch eine weitere Analyse der neu gestalteten Übungseinheit E zu erhalten. In diesem sollten dessen Eindrücke, Einschätzungen und Verbesserungsvorschläge besprochen werden. Der folgende Leitfaden diene als Orientierung für das Gespräch.

- Einstiegsfrage: Ich möchte die Übungseinheit E didaktisch sinnvoll weiterentwickeln und habe dazu in Ihrem Kurs eine neu überarbeitete Übungseinheit getestet. Wie haben Sie als erfahrener Kursleiter diese Premiere empfunden?
- Länge der Übungseinheit
- Schwierigkeitsgrad für die Studierenden
- Generelles Verständnis, potentielle Lerneffizienz
- Welche Schwierigkeiten hat es gegeben?
- Welche Fragen haben die Studierenden gestellt?
- Wie unterschied sich die neue Übungseinheit von der bisherigen?
- Verhalten der Studierenden
- Verhalten der Betreuenden
- Was würden Sie abändern und warum?

Das Interview wurde ebenso auf einem Digitaltonträger aufgezeichnet, in eine Audiodatei konvertiert und nach Altrichter und Posch (2007) analysiert.

5.2.4. Online-Verlaufsprotokolle der Übungseinheit W

Die Online-Verlaufs-Protokolle und Antwortenprotokolle sollen jede Bearbeitung, die von den einzelnen Studierenden durchgeführt wird, dokumentieren. Dies bedeutet, alle Zugriffe auf die Lernumgebung und die einzelnen Seiten werden mit Datum und Zeit der An- und Abmeldung gespeichert. Somit ist es möglich zu sehen, wie lange und in welcher Reihenfolge sich die Studierenden mit den jeweiligen Seiten beschäftigt haben.

Die Gesamtzeiten, die die einzelnen Studierenden an der Übungseinheit W arbeiteten, wurden mit Excel ausgewertet und graphisch dargestellt.

Da es beim selbstständigen Arbeiten am Computer besonders einfach und verlockend ist, nur die gestellten Aufgaben abzuarbeiten beziehungsweise abzuschreiben, ohne sich dabei die theoretischen Grundlagen anzueignen, sollten 24 zufällig gewählte Verlaufsprotokolle genauer untersucht werden. Dies entspricht etwa 20% der gesamten Daten.

Dazu wurden nur die Bearbeitungszeiten der roten Seiten herangezogen, da diese die meisten theoretischen Informationen und wenigsten Experimente und Rechenaufgaben beinhalten.

Bearbeitungszeiten, die kürzer als dreißig Sekunden dauerten, wurden dabei nicht beachtet, weil ein Wissenserwerb in dieser kurzen Zeit nicht wirklich realistisch ist.

Die Gesamtzeit soll Aufschluss darüber geben wie groß der Anteil der Studierenden ist, die sich anhand der Onlineeinheit tatsächlich Wissen erarbeiten.

5.2.5. Anregungen der Kursbetreuer zur Übungseinheit W

Die Kursbetreuer sollten nach dem abschließenden Test zur Übungseinheit W in schriftlicher Form Rückmeldungen zur Onlineeinheit geben. Da die Kursbetreuer in direktem Kontakt mit den Studierenden stehen und die Verbesserungen der Einheiten durchführen, sollte es besonders informativ sein, deren Anregungen zur Weiterentwicklung der Übungseinheit zu erhalten.

Die Kursbetreuer sollten auf eventuelle Problemstellen der Onlineeinheit hinweisen, Meinungen der Studierenden wiedergeben und die neue Onlineeinheit mit den bisherigen Präsenzeinheiten vergleichen. Die schriftlichen Rückmeldungen werden gesammelt und ausgewertet.

5.2.6. Fragebogen Post

Dieser Fragebogen wurde von Clemens Nagel als Nachfolgeuntersuchung zu seiner Dissertation „eLearning im physikalischen Anfängerpraktikum“ (Nagel, 2009) entwickelt. Er besteht zum einen Teil aus kurzen Testskalen zu „intrinsische Motivation“, „Lernstrategien“ und „kognitives Engagement“ aus der getesteten Auswahl von Berger und Hänze (2004), zum anderen aus von Nagel selbst generierten Fragen zu Lerntypenkategorisierung und eLearning-Nutzertypenkategorisierung.

Nach Altrichter und Posch (2007) ist die schriftliche Befragung eine Art formalisiertes Interview, mit dem Unterschied, dass der Fragende auf die Antworten nicht unmittelbar reagieren kann. Dies bedeutet, dass Präzisierungen nicht mehr möglich sind.

Der Vorteil des Fragebogens ist ein rasches und einfach zu entwickelndes Instrument der Datensammlung.

Der Fragebogen besteht aus geschlossenen Fragen mit einem Antwortraster zum Ankreuzen, welches den Befragten das Beantworten der Fragen mit dem Schulnotensystem ermöglicht (siehe Fragebogen im Anhang). Insgesamt wurden 159 Studierende befragt.

Die Auswertung des Fragebogens in beidseitiger Übereinkunft und Zusammenarbeit mit Mario Hofmann durchgeführt. Die Daten wurden codiert und in SPSS beziehungsweise Excel verarbeitet. Mit diesen Programmen wurden die Analysen der Datensätze durchgeführt. Für Kategorien ähnlicher Fragestellungen wurde, wie in 5.2. bereits erwähnt, eine Reliabilitätsprüfung durchgeführt.

5.3. Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Übungseinheit E

5.3.1. Ergebnisse der narrativen Interviews mit den Studierenden

Die beiden Studierenden sind sich zu Beginn einig und beantworten die Einstiegsfrage damit, dass die Übungseinheit E sehr gut strukturiert und das Arbeiten dadurch sehr gut möglich war.

Außerdem geben die beiden Studierenden an, dass man anhand der Unterlagen in der Lage ist, sich die gesamte Übungseinheit E selbstständig zu erarbeiten. Der Schwierigkeitsgrad und der Aufbau der Einheit ist dem Leistungsvermögen der Studierenden angepasst.

Der Studierende 1 sagt dazu: „Die Übungseinheit ist sehr einfach erklärt und man kommt gut durch“. Weiters gibt der Studierende 1 an, auch das bisherige Arbeitsheft gelesen zu haben und sagt dazu, dass „es mit den Bildern leichter ist und kein Vergleich mit den alten Unterlagen ist - sondern wirklich viel besser erklärt ist.“

Auch der zeitliche Rahmen wird als sehr passend eingestuft. Die Studierende 2 sagt dazu, dass man „absolut keinen Zeitdruck hat während des Arbeitens, da es sich sehr gut ausgeht.“

Auf die Frage nach eventuell hilfreichen Vorwissen vermitteln die Studierenden den Eindruck, dass sie mit der Aufbereitung der physikalischen Materie sehr zufrieden waren und anhand des Buches wirklich gut arbeiten konnten. Der Studierende 1 sagt: „man kennt zwar aus der Vorlesung Vieles, aber durch die Bilder und Versuche wird alles deutlicher.“

Als Zusammenhang zur Übungseinheit M geben beide Studierenden die Fehlerrechnung an. Der Zusammenhang der linearen Regression wurde von beiden Studierenden nicht angeführt, auch nach einem Hinweis des Interviewers sagt die Studierende 2: „Die Fehlerrechnung ja, aber die lineare Regression hätte ich sicher nicht in Zusammenhang zu M gesetzt.“ Ein wiedererkennender Effekt ist folglich nur bedingt vorhanden, da die Studierenden das bereits Gelernte nur zum Teil einsetzen können, was hinsichtlich der Ziele unbefriedigend ist.

Das Experimentieren selbst wurde als sehr einfach empfunden, da die kleinschrittige Anleitung den Studierenden die nötige Sicherheit gibt. Auf den experimentellen Teil der Übungseinheit eingehend sagt die Studierende 2: „man bekommt für das Stecken [der elektrischen Schaltungen (Anmerkung)] ein Gefühl, finde ich schon sehr gut.“

Die Studierende 2 gibt weiters an: „Da ist alles gut beschrieben, das sollte jeder schaffen.“ Es wird jedoch vom Studierenden 1 angemerkt, dass die Sicherheit, einen Betreuer fragen zu können, sehr gut ist. „Sonst verzettelt man sich und weiß nicht mehr was falsch und was richtig ist.“

Trotz aller Hinweise, die einen Bezug zur Ernährungswissenschaft herstellen sollen, sehen beide Studierende die Notwendigkeit, physikalisches Wissen zu erwerben nicht, da die Studierende 2 - auf den ernährungswissenschaftlichen Bezug angesprochen - sagt: „Also mir fehlt der Bezug, aber das hat mir schon in der Vorlesung gefehlt. Wozu man das braucht würde ich gerne wissen.“

Den einleitenden Teil empfanden die Studierenden als sehr positiv. Der Studierende 1 meint dazu: „Wenn man die Unterlagen liest kommt man schon wieder gut hinein und hat eine gute Basis und dann kann man selbstständig arbeiten.“

Als einzig wirklich große Schwierigkeit stellen sich im Laufe des Gesprächs die Einheiten diverser physikalischer Größen heraus. Die Studierenden haben offensichtlich große Probleme beim Umrechnen von physikalischen Größen. Die Studierende 2 sagt dazu: „Bei den Einheiten wäre es schon gut, wären diese öfters angegeben.“

Auf die Fehlerrechnung angesprochen geben beide Studierenden an, diese verstanden zu haben. Studierender 1: „Ich hab das Gefühl, dass ich es schon verstanden hab.“, Studierende 2 : „Da es so gut erklärt ist, versteht man das schon sehr gut“. Im Laufe des Gesprächs bekommt der Interviewer aber den Eindruck, dass die Studierenden darunter verstehen, anhand der Anleitung die Fehlerrechnung durchführen zu können. Ein wirkliches Verständnis für die einzelnen

Rechenschritte fehlt den Studierenden dennoch, da sie in dem Gespräch den Unterschied zwischen relativem und absolutem Fehler nicht konsistent formulieren können.

Der freiwillige Teil der Einheit, welcher den Versuch der Parallelschaltung beinhaltet, wurde von den beiden Studierenden aus Interesse am Experimentieren durchgeführt, obwohl die vorgesehene Zeit dafür nicht mehr gereicht hätte.

Die Nachbereitung und Auswertung des Elektrolytversuchs anhand der Graphen wurde von den Studierenden als kompliziert empfunden, da im Arbeitsbuch auf einen fixen Widerstand des Aufbaus hingewiesen wird, welcher aber im Falle der Studierenden nicht zu messen war. Das Zeichnen des Diagramms stellte aber prinzipiell kein Problem dar.

Die zu ermittelnden Zusammenhänge wurden als ausreichend beschrieben eingestuft. Die Studierende 2 sagt dazu: „Das kam durch die Sätze, die man ergänzen muss, sehr gut heraus.“ Das ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass der Modus der Vorgabe von Satzteilen oder Hilfestellungen den Studierenden eine geeignete Basis bietet, das wissenschaftliche Interpretieren von Daten zu lernen. Das ist letztlich auch eine Hauptaufgabe dieser Übungen.

5.3.2. Ergebnisse der Beobachtungen mit dem Aktionsforschungsraster

Der Großteil der Studierenden war in der Lage die Übungseinheit in der vorgegebenen Zeit zu bewältigen. Nach 165 Minuten war auch die letzte Gruppe mit der Einheit (jedoch noch ohne Nachbereitung) fertig. Der erste Versuch inklusive des Einführungstextes nahm bei allen Studierenden die meiste Zeit in Anspruch (45- 55 Minuten). Ebenso wurden zu Beginn die meisten Fragen gestellt. Die am häufigsten gestellte Frage war nach der Kabelfarbe: Die Studierenden fragten, ob die Kabelfarbe im Experiment jener im Bild entsprechen muss. Auch nach wiederholten Hinweisen der Betreuer, dass die Farbe gar nicht relevant sein kann, fühlten sich die Studierenden weiterhin wohler mit den selben Farben zu arbeiten. Das mag daran liegen, dass den Studierenden sowohl die Sicherheit als auch das nötige theoretische Verständnis im Umgang mit der Elektrizität fehlt.

Sehr viele Studierende haben immer wieder Probleme mit dem Umrechnen und Rechnen mit Einheiten. Außerdem bereiteten die Fehlerrechnung und die richtigen Multimetereinstellungen große Schwierigkeiten. Vor allem der relative Fehler, welcher in Prozent anzugeben ist, war für viele Studenten schwierig zu ermitteln.

Wie sehr die Studierenden die Fotos der Versuchsaufbauten benötigen zeigten die Probleme, welche aufgrund eines etwas zu klein geratenen Fotos im Arbeitsbuch zum Aufbau des Elektrolytversuchs, entstanden. Bei diesem Experiment fehlte den Studierenden die Sicherheit und es wurde von allen Gruppen nach der Richtigkeit des Aufbaus gefragt.

5.3.3 Ergebnis des narrativen Interviews mit einem Kursleiter

Die Einstiegsfrage wurde bereits mit Informationen, welche die weiteren Punkte des Interviews betrafen, beantwortet. Hauptsächlich wird auf die Intensität des Blockkurses, in welchem das betreffende Arbeitsbuch zum ersten Mal eingesetzt wurde, hingewiesen.

„Manche Beispieltex te sind schon sehr lang. Für jemand, der nicht so vertraut ist mit der Materie, ist es sehr intensiv. Da haben die Studierenden schon sehr viel zu tun.“

Im weiteren Gespräch wurden die Punkte ausführlich besprochen. Länge und Schwierigkeitsgrad der Übungseinheit E werden zwar als anspruchsvoll angesehen, jedoch als zumutbar. Der Kursleiter sagt dazu: „Der Schwierigkeitsgrad ist okay. Sie brauchen zwar einiges an Hilfe, aber es ist nicht tragisch. Die Kurse sind auch unterschiedlich stark – die Betreuung ist jetzt wesentlich effizienter. Experimentelle Fähigkeiten werden besser vermittelt - sie profitieren schon einiges mehr als bei den alten Beispielen. Wenn sie wollen, können sie ihren Wissensstand verbessern.“

Als besondere Schwierigkeit wird sofort die Fehlerrechnung angeführt: „Die Fehlerrechnung ist für die meisten sehr schwierig, auch wenn sie es kurz davor gelernt haben: Berechnung von relativem Fehler und dann aus diesem den absoluten. Das gilt aber für alles. Sie machen das Beispiel wie eine Art Kochrezept, aber das Verständnis fehlt größtenteils. Sie können es an einem anderen Beispiel mit anderen Größen nicht anwenden.“

Der Kursleiter attestiert den Studierenden einen Mangel an Abstraktionsvermögen. Die Studierenden könnten die Beispiele anhand von Fotos und Beschreibungen gut durchführen. Dazu sagt der Kursleiter: „Die Geschicklichkeit um die Experimente durchzuführen ist schon vorhanden“. Jedoch bereitet den Studierenden die Anwendung des bereits Gelernten danach große Probleme. Der Kursleiter weist explizit darauf hin, dass dies die Mehrheit betrifft.

Neben der Fehlerrechnung sieht der Kursleiter ebenfalls eine weitere Schwierigkeit im Rechnen und Arbeiten mit Einheiten.

Auf die Art der gestellten Fragen antwortet der Kursleiter: „Fragen gestellt haben sie so gut wie nicht. Sie trauen sich nicht. Am ehesten die Tutoren. Typische Frage sind: „Kann das stimmen?“ und „Habe ich das richtig gemacht“ als Bitte zur Überprüfung, ob die Tätigkeit richtig war. Der

Kursleiter sagt dazu: „Das ist ja gut so, denn früher haben sie gefragt: Wie geht das, ich kenn mich nicht aus?“.

Auf die Bitte, die neu gestaltete Einheit mit der vorhergehenden Version zu vergleichen, gibt der Kursleiter an, dass in der neuen Einheit die theoretischen Grundlagen sehr genau erklärt werden. Der Kursleiter sagt dazu: „Sie lernen in E Schaltungen ganz von Anfang an - ganz toll.“

Weiters ist laut Kursleiter das physikalische Verständnis durch das neue Arbeitsbuch zwar nicht merklich verbessert worden, jedoch könnten die Studierenden nun tatsächlich selbstständig arbeiten: „An der Kabelfarbe sieht man, dass das Abstraktionsvermögen nicht da ist. Hier hat sich im Vergleich zu den alten Beispielen nichts verändert, das ist Abstraktionssache, für Formeln die Einheiten einsetzen und entsprechend umformen. Beim Umformen von Formeln gibt es große Probleme, es fehlt die mathematische Voraussetzung. Durch die neuen Beispiele lernen sie selbstständig zu arbeiten bzw. zu experimentieren. Es ermöglicht eine größere Eigenständigkeit. Bisher musste man alles einstellen und die Studierenden haben abgelesen.“

Der Kursleiter erklärt, dass er während seiner Kurse in den letzten Jahren von den Studierenden erfahren hat, dass die meisten eine Beratungstätigkeit als Berufsziel anstreben. Der Großteil will nichts mit dem physikalischen Hintergrund zu tun haben und nur etwa 5 von 100 Studierenden wollen tatsächlich im Labor wissenschaftlich arbeiten.

Der Kursleiter gibt an, die Erwartungen an die Einheit nicht mit jenen an ein herkömmliches Physikpraktikum zu vergleichen, sondern diese als praktische Einheit, in der es darum geht den Studierenden experimentelle Grundfähigkeiten zu vermitteln und physikalische Grundlagen näher zu bringen, anzusehen.

5.4. Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Übungseinheit W

5.4.1. Ergebnisse der Online-Verlaufsprotokolle

Die Tabelle 1 zeigt die Analyse der Onlinezeiten der Übungseinheit W Jeder Kurstag entspricht einer Gruppe. Im Mittel arbeiten die Studierenden etwa 7,5 Stunden an der Onlineeinheit. Dies ist länger als erwartet und bestätigt den Eindruck, den auch der Post-Test im Anschluss bestätigen wird. Die Anforderungen der Onlineeinheit W sind den Studierenden etwas zu hoch. Dies ist auch in der Bearbeitungszeit zu erkennen. Da es jedoch, wie die Tabelle 1 zeigt, zwischen den Minima

und Maxima sehr große Unterschiede gibt, liegt die Vermutung nahe, dass nicht alle Studierenden mit dem selben Aufwand an den Einheiten gearbeitet haben.

Analyse der Onlinezeiten bis zur Abgabe des Moduls W					
	Gruppe1	Gruppe2	Gruppe3	Gruppe4	Gruppe5
Mittelwert	7,29	6,72	7,66	7,77	8,25
Maximum	11,05	15,42	13,22	13,63	13,38
Minimum	4,00	3,95	3,87	4,28	4,00

Tabelle 1: Analyse der Onlinezeiten der Übungseinheit W

1	00:55:24
2	01:18:18
3	01:27:51
4	01:42:11
5	02:02:43
6	02:11:46
7	02:25:08
8	02:25:40
9	02:33:41
10	02:36:12
11	03:04:02
12	03:11:11
13	03:18:17
14	03:19:55
15	03:22:07
16	03:22:20
17	03:28:20
18	04:04:24
19	04:06:56
20	05:16:03
21	05:25:46
22	06:37:24
23	08:24:39
24	13:48:53
Mittelwert	03:46:13

Tabelle 2: 24 zufällige Bearbeitungszeiten der roten Seiten

Aus diesem Grund wurden wie in 5.4.2. bereits beschreiben, die Bearbeitungszeiten der roten Seiten genauer untersucht und analysiert.

Tabelle 2 zeigt, dass etwas weniger als 20 % zum Teil deutlich weniger als 2 Stunden Bearbeitungszeit aufweisen. Diese Studierenden können sich in dieser Zeit kaum Wissen angeeignet haben, da auch Rechenaufgaben und Fragen zu beantworten sind. Diese Studierenden haben entweder vermutlich nur die Aufgaben abgeschrieben oder bereits ein so gutes physikalisches Vorwissen, dass sie die Informationen nicht benötigen.

Der Großteil der Studierenden (etwa 60%) benötigte zwischen 2 und 4 Stunden. Dies dürfte die Zeit sein, in der man sich das notwendige Wissen aneignen kann, um die Aufgaben zu lösen.

Etwa 20% der Studierenden vertiefte sich und nutzte die Onlineeinheit um sich intensiv mit dem Thema zu befassen um sich für die Aufgaben Wissen zu erwerben.

Jene Seiten, die am längsten bearbeitet, beziehungsweise gelesen wurden, sind eindeutig jene der Bioimpedanzanalyse. Dies lässt vermuten, dass Bezug zur Ernährungswissenschaft in diesem Fall sehr wohl erkannt wird und die Studierenden am Ende der Einheit tatsächlich mit einem Thema konfrontiert werden, welches ihr Interesse wecken konnte.

5.4.2. Ergebnisse der Beobachtungen mit dem Aktionsforschungsraster

Die Wiederholungsfragen zu Beginn der Einheit bereiten den Studierenden große Probleme und die richtigen Antworten werden eher durch Probieren als durch Auseinandersetzen mit dem Thema ermittelt. Im Folgenden werden die Erklärungen und Texte eher flüchtig bis gar nicht gelesen. Die Studierenden konzentrieren sich darauf, die Experimente und die gestellten Fragen möglichst schnell und ohne viel Aufwand zu beantworten. Dadurch haben die Studierenden auch Probleme, etwaige Fragen oder Experimente richtig zu bearbeiten. Obwohl zum Beispiel im Text explizit darauf hingewiesen wird was ein Skalenteil am Bildschirm des Oszilloskops darstellt, wissen die Studierenden dies nicht und stellen dazu Fragen.

Das Berechnen der unbekanntenen Größen im zweiten Teil der Einheit bereitet sehr große Schwierigkeiten, da die Studierenden zum ersten Mal nicht durchgehend eine kleinschrittige Anleitung bereitgestellt bekommen. Ebenso stellt das Einsetzen der Widerstände und das Ablesen der richtigen Werte eine große experimentelle Herausforderung dar.

Jedoch entsteht der Eindruck, dass dies zumindest zum Teil auf eine mangelnde Bereitschaft, sich mit dem Thema auseinander zu setzen, zurückzuführen ist.

Weiters ist die Einheit für die Studierenden viel zu lang, um diese auf einmal zu bewältigen und jene Studierenden, welche sich bereit erklärten, die Einheit unter Beobachtung durchzuführen, waren nach zwei Stunden zu erschöpft um effizient und konzentriert weiter zu arbeiten. Die

Information war den Studierenden einfach zu viel, um diese sofort aufzunehmen und im nächsten Kapitel anwenden zu können.

Aus diesem Grund sind auch die Beobachtungen des dritten Teils, so wie die benötigte Zeit nicht repräsentativ. Dies bestätigen auch die Online-Verlaufsprotokolle, die zeigen, dass keine einzige Einheit auf einmal bearbeitet wurde.

5.4.3. Ergebnisse der Anregungen der Kursbetreuer

Die Kursbetreuer wiesen auf die Tatsache hin, dass die Onlineeinheit W etwas zu lang ist und die Studierenden den zeitlichen Aufwand für zu hoch einschätzen.

Weiters sind den Studierenden die Rückmeldungen zu den eigenen Fehlern im Rahmen der Onlineeinheiten zu gering.

Als größtes Problem stellte sich das Ablesen der richtigen Werte am Oszilloskop heraus. Dies hat sich im Vergleich zu den bisherigen Präsenzeinheiten laut Kursbetreuer nicht verändert. Die richtige Wahl der Einheiten ist für viele Studierende trotz der genauen Erklärungen weiterhin schwierig. Ein Kursleiter schlägt dazu als Unterstützung vor, mit Pfeilen auf die Zahlenwerte der Drehknöpfe genauere Hinweise zu geben.

Erfreulicherweise wurde von einem Kursbetreuer auch notiert, dass es zur Onlineeinheit W keine Beschwerden seitens der Studierenden gab.

5.5. Ergebnisse des Fragebogens Post

Der Fragebogen Post soll das Lernverhalten sowie Motivation und Einstellungen der Studierenden zu den Übungseinheiten untersuchen. Wie im Methodenteil beschrieben wird, zu jeder Item-Untergruppe, die ein gemeinsames Konstrukt abfragt (z.B. Motivation) eine Reliabilitätsprüfung vorangestellt. Dabei wird als Kennwert Cronbachs Alpha für alle Items einer Gruppe ermittelt, sowie alternative Werte bei Exkludierung jedes einzelnen Items (Item-Skala-Statistik).

Die Fragen wurden in den Abbildungen mit sinngemäßen Kürzeln versehen. Diese werden im Anschluss an die Abbildungen jedoch erläutert.

5.5.1. Lerntypen

Item Untergruppe – Motivation

Von 159 wurden 148 gültige Fälle ausgewertet.

Der Cronbach Alpha Test gibt an, dass die 10 Items eine sehr zuverlässige Motivationsmessung sind ($\alpha=0,836>0,8$). Außerdem beeinflusst kein einzelner Item die Messung negativ, da die Exkludierung einzelner Werte Cronbachs Alpha nicht kleiner als 0,8 werden lässt.

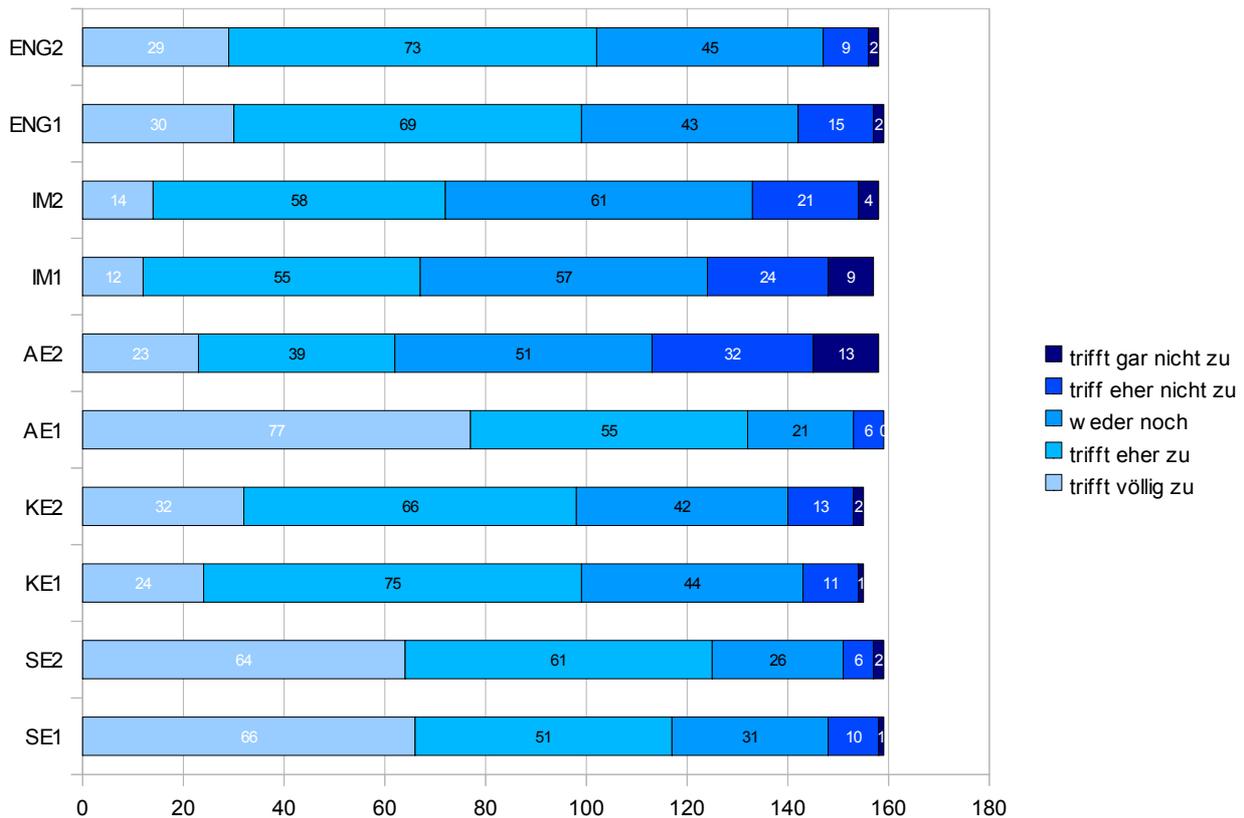


Abbildung 38: Balkendiagramm - Häufigkeiten Motivation

SE1- Ich empfand die Stimmung als sehr angenehm.

SE2 - Ich hatte das Gefühl dazuzugehören.

KE1 - Ich habe gemerkt, dass ich die Dinge verstanden habe.

KE2 - Ich fühlte mich den Anforderungen gewachsen.

AE1 - Ich hatte die Möglichkeit, neue Bereiche eigenständig zu erkunden.

AE2 - Ich hatte das Gefühl, Entscheidungsspielräume zu haben.

IM1 - Die Arbeit machte mir richtig Spaß.

IM2 - Ich war in den Lehrveranstaltungen wissbegierig.

ENG1 - Ich fühlte mich konzentriert.

ENG2 - Ich fühlte mich engagiert.

	SE1	SE2	KE1	KE2	AE1	AE2	IM1	IM2	ENG1	ENG2
Mittelwert	1,92	1,87	2,29	2,27	1,72	2,83	2,76	2,64	2,31	2,25
Standardabweichung	0,958	0,905	0,837	0,928	0,834	1,158	0,994	0,911	0,927	0,866

Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichungen - Motivation

Item Untergruppe - Soziale Eingebundenheit

Der Großteil der Studierenden hat sich in den Praktikumseinheiten sozial eingebunden gefühlt.

Dies bedeutet, dass die Studierenden einerseits die Stimmung während des Kurses als angenehm empfunden, als auch ein Gefühl der Eingebundenheit verspürt haben. Die hohe Anzahl an Studierenden (Abbildung 38: etwa 75%), die den beiden Items SE1 und SE2, der sozialen Eingebundenheit mehr als nur „eher“ zustimmen zeigt dies deutlich. Auch die verschwindend geringe Anzahl jener, die sich gar nicht eingebunden fühlten, sowie die Mittelwerte der beiden Items (Tabelle 3: 1,92 und 1,87) untermauern dies. Die Atmosphäre im Praktikum ist nach diesem Ergebnis folglich eher förderlich für die Lernprozesse der Studierenden .

Item Untergruppe - Kompetenzerleben

Bis auf wenige Ausnahmen konnten die Studierenden ihr eigenes Können erfahren und auch erfolgreich anwenden. Die Studierenden haben folglich nach dem Praktikum das Gefühl, Dinge verstanden zu haben und den Anforderungen gewachsen gewesen zu sein. Die Tatsache, dass nur etwa 15% (siehe Abbildung 38) der Studierenden die Items KE1 und KE2 als eher oder gar nicht zutreffend befanden, weist genauso wie die beiden Mittelwerte (2,29 und 2,27 siehe Tabelle 3) daraufhin, dass die Studierenden ihre erworbenen Fähigkeiten erfolgreich einsetzen konnten. Das Ziel der Arbeit die Motivation der Studierenden durch erfolgreiches selbstständiges Arbeiten zu heben ist also zumindest teilweise erreicht.

Item Untergruppe - Autonomieerleben

Die Studierenden haben das selbstständige Arbeiten während des Praktikums erlebt, jedoch gibt es zwischen den beiden Items zu „Autonomie Erleben“ im Vergleich zu den anderen Motivationsitems einen offensichtlichen Unterschied.

Auf der einen Seite wurde dem Item „die Möglichkeit, neue Bereiche eigenständig zu erkunden“ (AE1) von über 80% (Abbildung 38) der Studierenden eher oder völlig zugestimmt.

Dem zweiten Item, der Entscheidungsspielräume während des Arbeitens abfragt (AE2), stimmen im Vergleich dazu nur halb so viele (40%) zu. Der Mittelwert ist jedoch noch immer knapp zustimmend (2,83). Jedoch ist die Standardabweichung sehr groß, weshalb der Mittelwert keine allzu große Aussagekraft hat.

Dieses Ergebnis ist nicht weiter verwunderlich, da die Arbeitsbücher sehr kleinschrittig gestaltet sind. Trotzdem wird das selbstständige Experimentieren eher als Freiraum empfunden als die Anleitungen als Einschränkungen der eigenständigen Handlung.

Item Untergruppe - Intrinsische Motivation

Die intrinsische Motivation (IM) ist der niedrigste Parameter der Motivation, trotzdem sind die Mittelwerte eher positiv. Das heißt die Studierenden hatten bei der Arbeit im Physikpraktikum nur eingeschränkt Freude (Spaß) empfunden und dementsprechend auch nur eine moderate Wissbegierigkeit entwickelt.

In etwa 25% der Studierenden geben an, eher oder gar nicht motiviert gewesen zu sein. Der Großteil ist während der Arbeit sehr oder eher motiviert. Nur ein sehr geringer Anteil (etwas mehr als 10%) fühlte sich tatsächlich sehr motiviert. Dieses Ergebnis ist sehr erfreulich, da es ein Ziel der gesamten Arbeit war die Motivation der Studierenden zu erhöhen.

Item Untergruppe - Engagement

Der Großteil der Studierenden hatte von sich das Gefühl konzentriert und engagiert zu arbeiten.

Dies lässt sich einerseits anhand der beiden Mittelwerte zu den Items ENG1 (2,31) und ENG2 (2,25) ablesen, andererseits an den Häufigkeiten in der Abbildung 38. Es fühlten sich nur 10 – 15 % eher oder gar nicht engagiert.

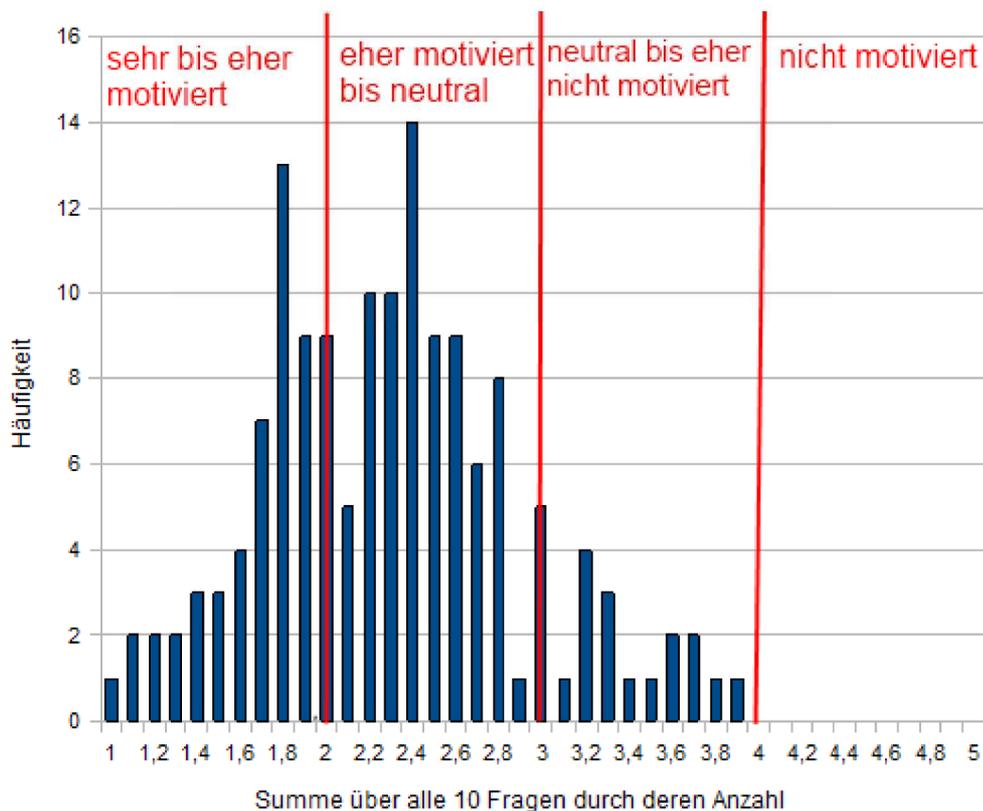


Abbildung 39: Summe über alle Motivationsitems- Histogramm

In Abb. 39 ist über alle 10 motivations-indizierten Items jedes Studierenden ein Summenscore ausgewertet und als Histogramm dargestellt, der 1/10 der Summe berücksichtigt, sodass die Summe direkt auf die angewendete Skala umgelegt werden kann.

Dies bedeutet, es gab zwei kleinere Gruppen, zum einen jene Studierenden die sehr motiviert waren. (<2) andererseits jene die eher nicht motiviert waren (>3) und eine große Gruppe, die sich eher oder neutral motiviert war.

Jedoch ergab der Test auch, dass sich kein einziger Studierender gar nicht motiviert fühlte.

5.5.2. Lernstrategie

Da hier kein einheitliches Konstrukt abgeprüft, sondern 4 verschiedene Typen der Lernstrategie unterschieden (Kritische Prüfung, Elaboration, Organisation, Wiederholung) werden, scheint die Reliabilitätsprüfung nur bedingt geeignet, weshalb darauf verzichtet wurde.

L.strat KP: Ich habe die neuen Inhalte kritisch geprüft.

L.strat Ela: Ich habe versucht, den Stoff mit dem zu verbinden, was ich schon wusste.

L.strat Org: Ich habe versucht, wichtige von unwichtigen Inhalten zu unterscheiden.

L.strat WH: Ich habe mir so viele Fakten wie möglich eingeprägt.

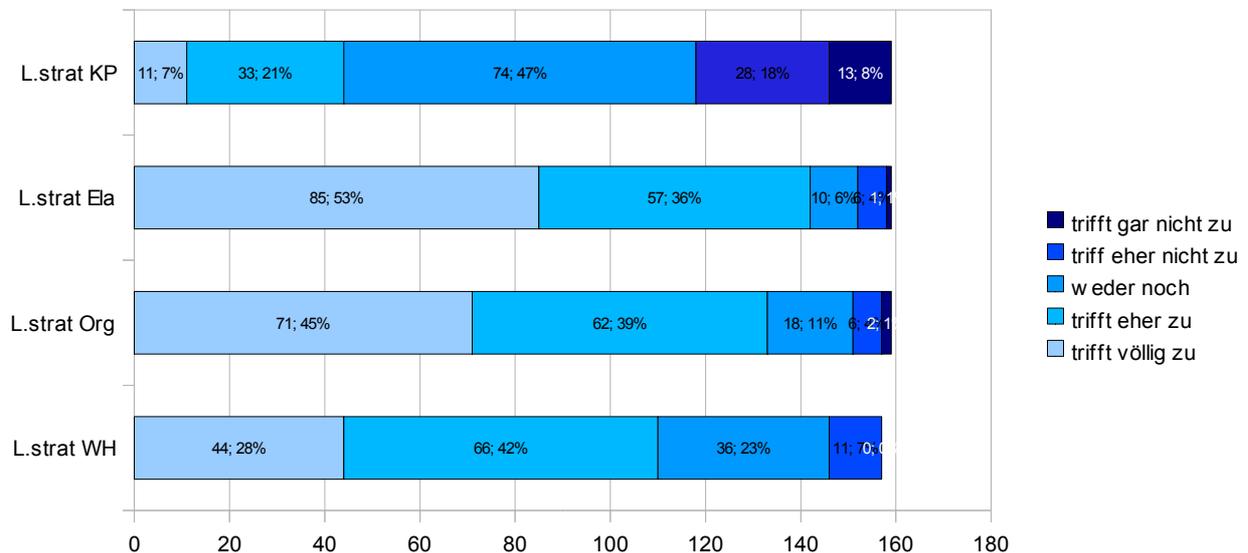


Abbildung 40: Balkendiagramm - Häufigkeiten Lernstrategie

	Lstrat_WH	Lstrat_Org	Lstrat_Ela	Lstrat_KP
Mittelwert	2,09	1,78	1,62	2,99
Standardabweichung	0,887	0,883	0,817	0,997

Tabelle 4: Mittelwerte und Standardabweichungen - Lernstrategie

Abbildung 40 und Tabelle 4 zeigen, dass die Studierenden von sich den Eindruck haben sich viele Fakten eingeprägt zu haben, die Inhalte kritisch geprüft und den Stoff mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft zu haben.

Die Mittelwerte liegen mit Ausnahme des Mittelwerts kritischen Prüfens bei oder unter zwei. Das kritische Prüfen der Inhalte haben die Studierenden anscheinend nicht in angemessener Form angewandt. Dies ist auch der einzige Item, dem ein beachtlicher Teil (siehe Abbildung 40 : 13%) der Studierenden gar nicht zustimmten. Dies ist aber nicht weiter verwunderlich, da kritisches Prüfen während des Erarbeitens eines neuen Lernziels nicht unbedingt zu erwarten ist, weil der

Lernende sich zu sehr auf das Verstehen neuen Lernstoffs konzentriert und somit keine Kapazitäten für kritisches Hinterfragen mehr hat.

5.5.3. Anstrengungsbereitschaft

Es wurden 154 von 159 gültigen Antworten ausgewertet.

Cronbachs Alpha besagt, dass die drei Items die Anstrengungsbereitschaft der Studierenden zuverlässig angeben ($\alpha = 0,758$), wobei auch das Weglassen eines Items Reabilität der Messung nicht verändern würde. Die Reabilität für diesen Item-Block ist sehr gut.

Anstr1: Wenn ich lerne, arbeite ich so fleißig wie möglich.

Anstr2: Wenn ich lerne, arbeite ich auch dann weiter, wenn der Stoff schwierig ist.

Anstr3: Wenn ich lerne, arbeite ich auch dann weiter, wenn der Stoff schwierig ist.

Ein sehr großer Teil (deutlich mehr als die Hälfte) der Studierenden stimmt den drei Anstrengungsbereitschaftsitems sehr oder eher zu. Diese Studierenden geben an, so fleißig wie möglich auch an schwierigeren Aufgaben gearbeitet zu haben um sich Wissen und Fertigkeiten anzueignen. Dies bekräftigen die Mittelwerte der drei Items, die alle etwa bei zwei zu finden sind. Außerdem zeigen die beiden Abbildungen 41 und 42, dass es nur einen sehr geringen Anteil an Studierenden gibt, welcher von sich behauptet, nicht oder eher nicht so fleißig wie möglich, gearbeitet zu haben.

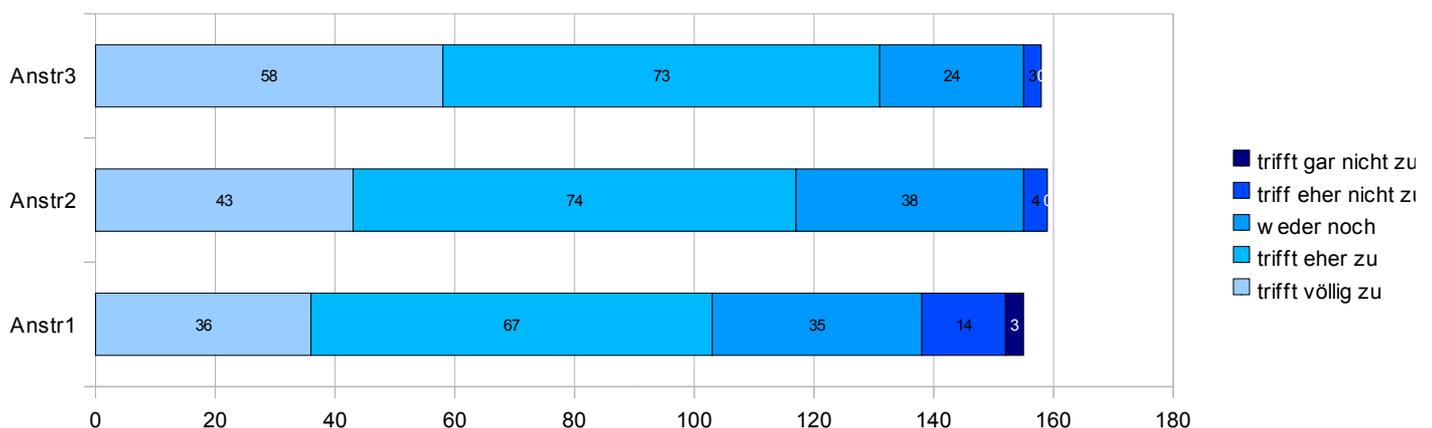


Abbildung 41: Balkendiagramm - Häufigkeiten Anstrengungsbereitschaft

	Anstr1	Anstr2	Anstr3
Mittelwert	2,23	2,02	1,82
Standardabweichung	0,972	0,783	0,753

Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichungen - Anstrengungsbereitschaft

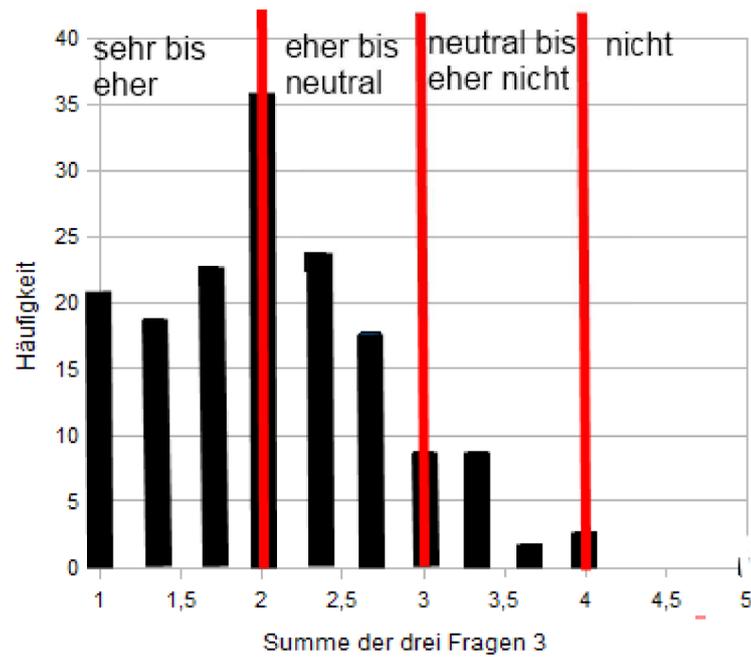


Abbildung 42: Summe der Anstrengungsitems

5.5.4. Nutzungstypen

Es wurden alle 159 Fragebögen gültig beantwortet.

Der Cronbach Alpha Test gibt an, dass die 4 Items eine sehr zuverlässige Messung zur Bestimmung der Nutzungstypen sind ($\alpha=0,729>0,7$). Auch die Item-Skala- Statistik zeigt an, dass kein einzelner Item die Messung negativ beeinflusst.

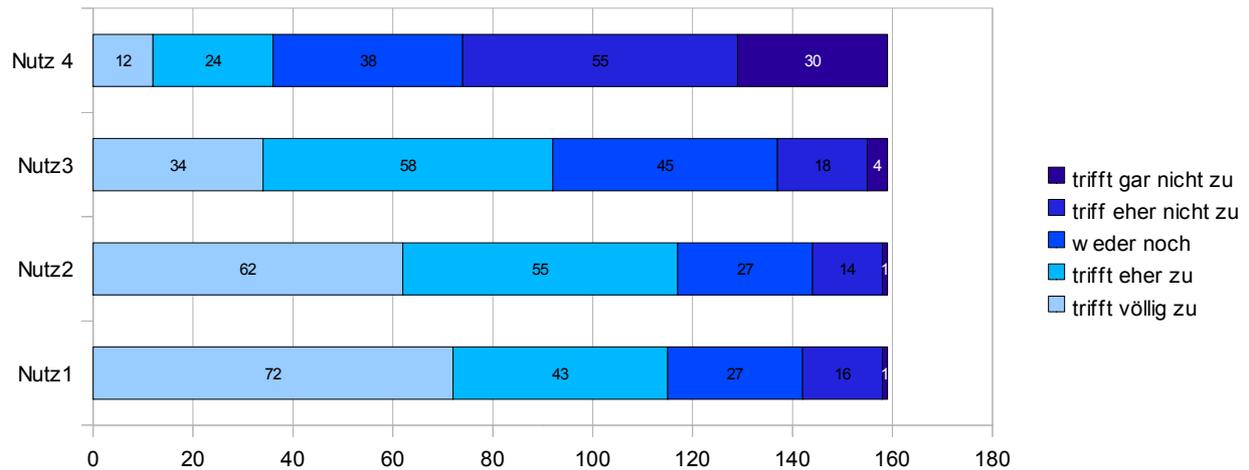


Abbildung 43: Balkendiagramm - Häufigkeiten Nutzungstypen

Nutz1: Ich nutze stets alle angebotenen Lernunterlagen zur Vor- oder Nachbereitung.

Nutz2: Wenn ich mich vor- oder nachbereite, studiere ich (falls angeboten) den Anleitungstext immer vollständig.

Nutz3: Wenn ich mich vor- oder nachbereite, bearbeite ich alle angebotenen Web-Ressourcen gewissenhaft.

Nutz4: Ich nutze von den angebotenen Lernunterlagen zur Vor- oder Nachbereitung nur, was schnell und einfach zu bearbeiten/studieren ist.

Der Item Nutz 4 ist in Abbildung 43 anders zu betrachten, da der im Gegensatz zu den anderen negativ formuliert wurde. Dies wurde in der Graphik der Summe der vier Items berücksichtigt und dementsprechend bearbeitet, sodass der Item Nutz 4 die Summe nicht falsch beeinflusst.

Die vier Items sowie deren Mittelwerte zeigen, dass die Studierenden das Angebot der Übungseinheiten völlig beziehungsweise eher genutzt haben. Die Mittelwerte der Items liegen etwa bei 2 (auch der Mittelwert von Nutz 4 ist mit 3,4 eher positiv). Nur ein sehr geringer Anteil hat das Angebotene gar nicht oder eher nicht in Anspruch genommen. Der Großteil der Studierenden hat folglich das Lernangebot möglichst gut genutzt.

	Nutz1	Nutz2	Nutz3	Nutz4
Mittelwert	1,94	1,97	2,37	3,42
Standardabweichung	1,041	0,987	1,022	1,177

Tabelle 6: Mittelwerte und Standardabweichungen Nutzen

Dies zeigt auch die Graphik (Abbildung 44) der Summe, welche im Mittel keinen einzigen Studierenden aufweist, der angibt das Lernangebot gar nicht genutzt zu haben. Im Gegenteil ist zu sehen, dass der Großteil der Studierenden bezüglich der Nutzung der Lernunterlagen positiv eingestellt ist.

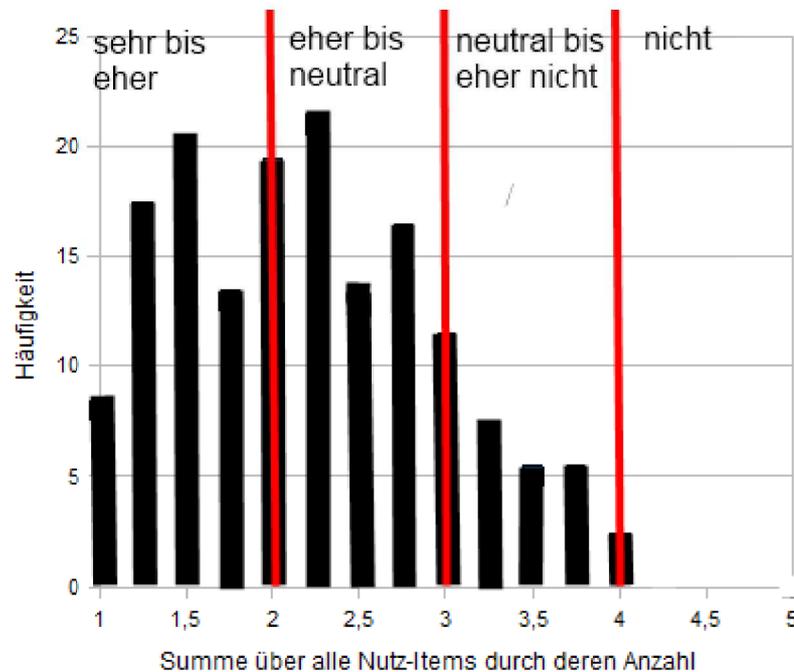


Abbildung 44: Summe über Nutz-Items - Histogramm

5.5.5. Lerntypen

Nach Hofmann (2011) waren alle 159 Antworten gültig und wurden ausgewertet. Der Cronbach Alpha Test liefert einen Wert von 0,573. Dieser ist etwas zu gering für eine sehr zuverlässige Messung.

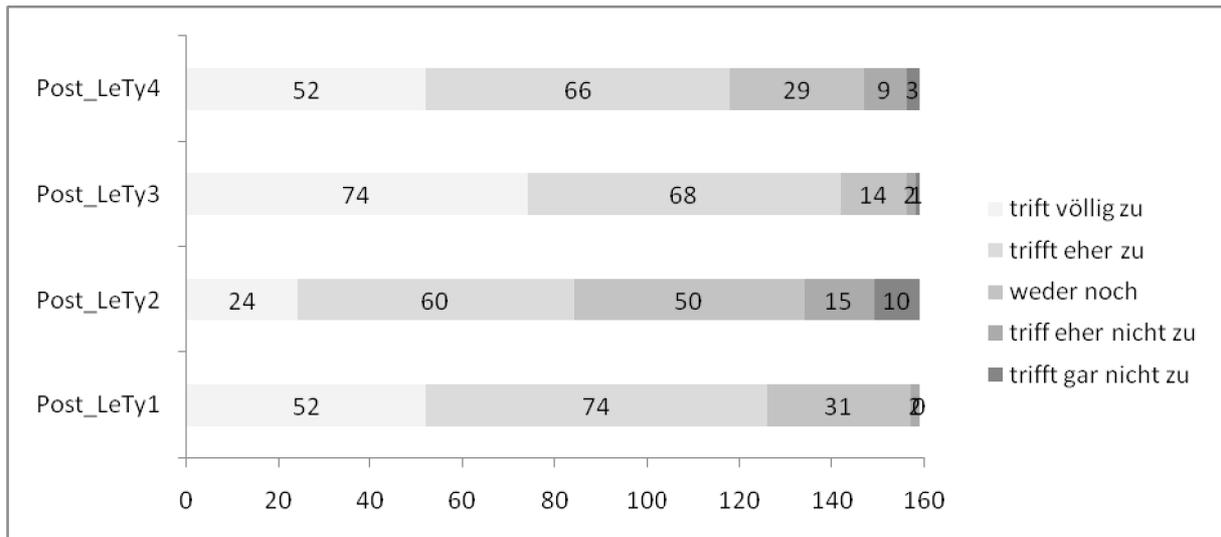


Abbildung 45: Balkendiagramm - Häufigkeiten Lerntyp nach Hofmann (2011)

LeTy1: Wenn ich mich vor- oder nachbereite, achte ich darauf, alle Lernziele zu erreichen.

LeTy2: Wenn ich mich vor- oder nachbereite, investiere ich möglichst wenig Zeit und Arbeit.

LeTy3: Während einer Lehrveranstaltung will ich mitdenken und Inhalte verstehen.

LeTy4: Während einer Lehrveranstaltung will ich Aufgaben schnell erledigen, egal ob ich die Inhalte dabei verstanden habe.

Die Variablen Post_LeTy2 und Post_LeTy4 wurden in der Abbildung 45 dabei umkodiert, da diese negativ formuliert waren.

	LeTy1	LeTy2	LeTy3	LeTy4
Mittelwert	1,89	2,54	1,67	2,03
Standardabweichung	0,75	1,06	0,74	0,95

Tabelle 7: Mittelwert und Standardabweichung – Lerntyp nach Hofmann (2011)

Hofmanns Auswertung in Abbildung 45 zeigt, dass das physikalische Verständnis gegenüber dem Zeitaufwand als wichtiger empfunden wird. Die Großteil der Studierenden gab an, dass das Erwerben des nötigen physikalischen Hintergrundwissens vor eine schnelle Erledigung der Aufgaben zu stellen ist. Dies ist auch in der Tabelle 7 anhand der Mittelwerte zu erkennen.

Eine deutliche Unterscheidung in 2 Gruppen der unterschiedlichen Nutzung (Minimal- und Intensivnutzer) wie in Nagel (2009) für die Studierenden anderer Praktika in Bereich der Grundausbildung vorgeschlagen, lässt sich in der untersuchten Testgruppe daher nicht bestätigen.

5.5.6. Unterlagen

Die zur Verfügung gestellten Unterlagen wurden von den Studierenden nach Hofmann (2011) sehr gut angenommen, da der Mittelwert bei 2,18 liegt.

5.5.7. Ausrüstung

Nach Hofmann (2011) werden die zur Verfügung gestellten experimentellen Materialien von den Studierenden als sehr gut – bezüglich des Zustandes – empfunden. Der Mittelwert liegt bei 1,63.

5.5.8. Aufgaben

Bezüglich des Umfangs der jeweiligen Einheiten ergibt sich nach Hofmann (2011) eine breitere Verteilung. Der Mittelwert, auf die Frage ob die Aufgaben in der vorgegebenen Zeit erledigt werden können, ist nach Hofmanns Auswertung 2,72. Der (geringen) Mehrheit ist es folglich möglich, sämtliche Aufgaben im vorgegebenen Zeitrahmen zu erledigen. Ein Drittel der Befragten empfindet die Praktikumseinheiten in ihrer Gesamtheit als zu umfangreich.

5.5.9. Relevanz

Nach Hofmann (2011) hatte der Großteil der Studierenden den Eindruck, die behandelten Themen und Inhalte seien relevant für ihr Studium. Der Mittelwert liegt bei 2,36.

5.5.10. Onlineeinheit W – Anforderungen und Aufwand

Von 159 Studierenden beantworteten 157 die Fragen gültig.

Der Wert des Cronbach Alpha Test (0,755) bestätigt die Zuverlässigkeit der Messung zur Onlineeinheit W.

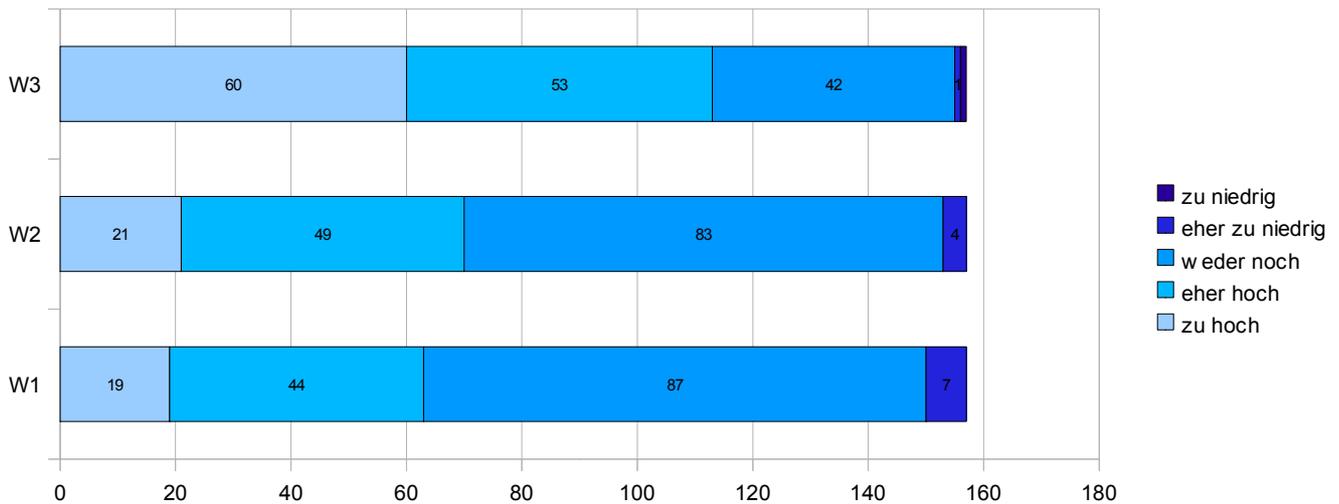


Abbildung 46: Balkendiagramm - Onlineeinheit W

W1: Die inhaltlichen Anforderungen der Versuche waren...

W2: Die experimentellen Anforderungen der Versuche waren...

W3: Der Arbeitsaufwand für die Versuche war...

Die drei Items zeigen, dass die inhaltlichen (W1), experimentellen (W2) und zeitlichen (W3) Anforderungen an die Studierenden im Bereich des Möglichen liegen. Die Mittelwerte liegen zwischen 2 und 2,5, wobei der Arbeitsaufwand im Item W3 im Mittel als eher zu hoch angegeben wird. Die Summe der drei Items in der Abbildung 46 zeigt jedoch, dass es keinen einzigen Studierenden gibt, der die Anforderungen insgesamt als eher oder viel zu hoch empfunden hat.

	W1	W2	W3	W4
Mittelwert	2,52	2,45	1,92	6,75
Standardabweichung	0,764	0,754	0,855	3,091

Tabelle 8: Mittelwerte und Standardabweichungen Onlineeinheit W

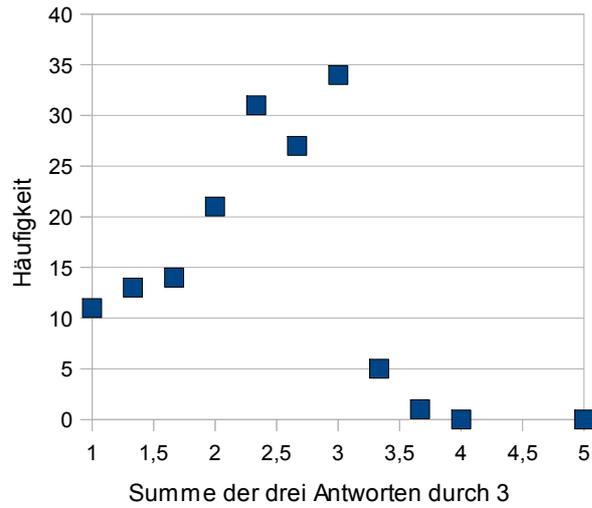


Abbildung 47: Summe über Items der Onlineeinheiten

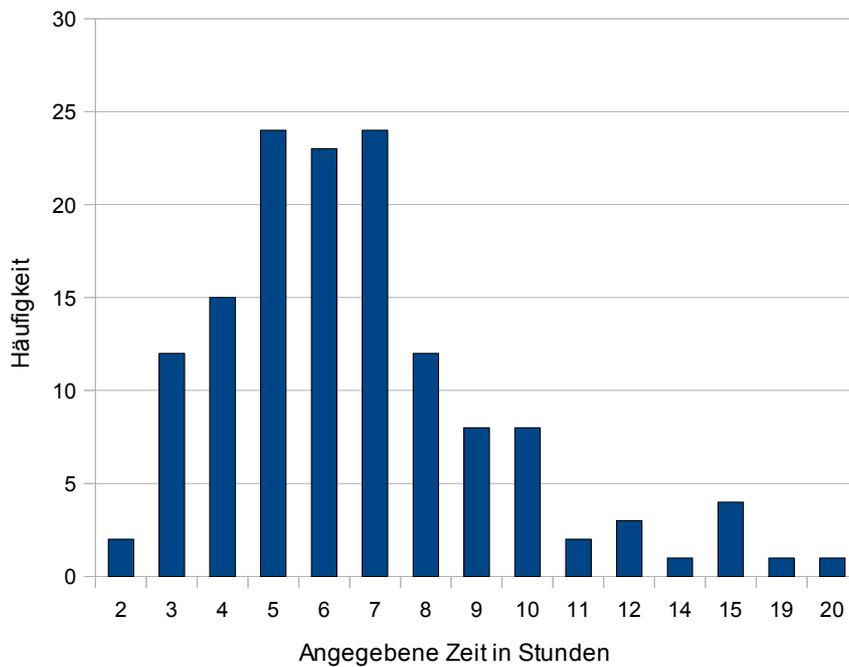


Abbildung 48: Arbeitsaufwand für die Übungseinheit W

Die Abbildung 48 zeigt den Arbeitsaufwand der Studierenden in Stunden um die Übungseinheit W zu absolvieren. Der Großteil der Studierenden gibt an in etwa 4 bis 8 Stunden an der Einheit gearbeitet zu haben. Eine kleine Gruppe an Studierenden gibt jedoch auffällig viel Zeit, nämlich bis zu 20 Stunden an.

5.5.11. Onlineeinheiten – studentische Qualitätsbeurteilung

Es wurden 149 von 159 gültigen Antworten ausgewertet.

Der Cronbach Alpha Test gibt an, dass die acht Items eine sehr zuverlässige Messung sind ($\alpha=0,85 > 0,8$). Auch die Item-Skala- Statistik zeigt an, dass kein einzelner Item die Messung negativ beeinflusst. (alle Werte sind größer als 0,8)

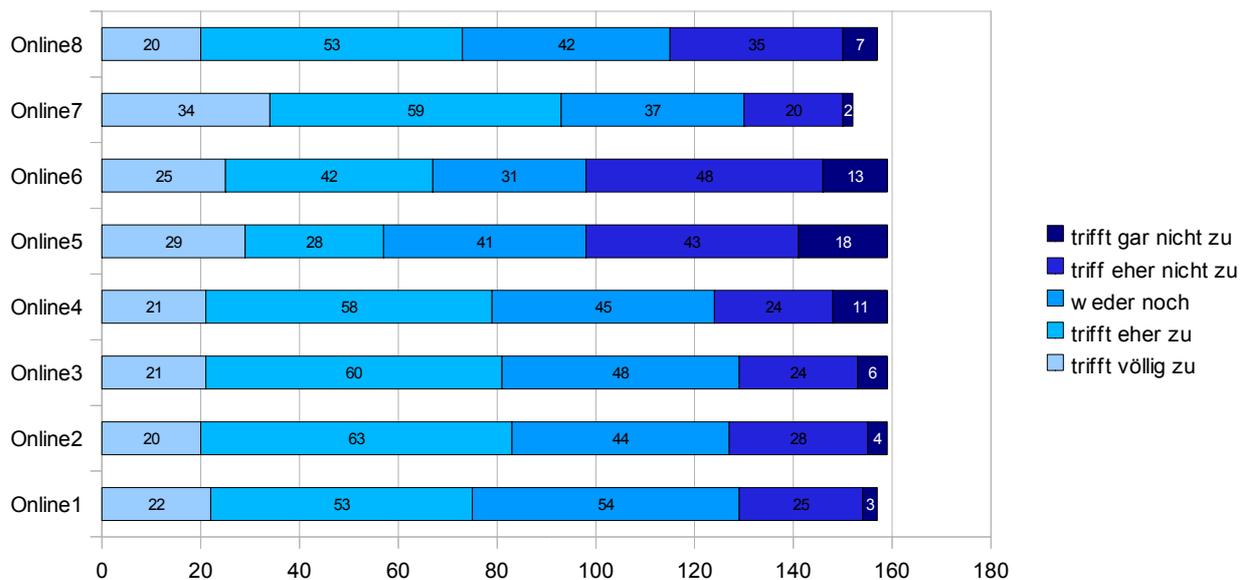


Abbildung 49: Balkendiagramm - Onlineeinheiten

Das Lernangebot der Onlineeinheiten wurde von den Studierenden weder besonders positiv noch besonders negativ empfunden. Die Studierenden sollten das Lernangebot nach folgenden Kriterien bewerten:

Online1: Die Online-Einheiten machen den Bezug zum Studienfach anschaulich deutlich.

Online2: Die Online-Einheiten machen physikalische Zusammenhänge verständlich.

Online3: Bei den Online-Einheiten wird der Zusammenhang zwischen Experiment und Theorie klar.

Online4: Die Inhalte der Online-Einheiten sind als Grundlage für die weitere Ausbildung wichtig.

Online5: Die Unterlagen zu den Online-Einheiten sind nach Abschluss des Praktikums noch nützlich.

Online6: Die Anleitung in den Online-Einheiten ist ausreichend zur Durchführung der Versuche.

5.5.12. Präsenzeinheit E

Von 159 Antworten war nur eine ungültig.

Der Wert des Cronbach Alpha Tests (0,747) bestätigt die Zuverlässigkeit der Messung zur Präsenzeinheit E.

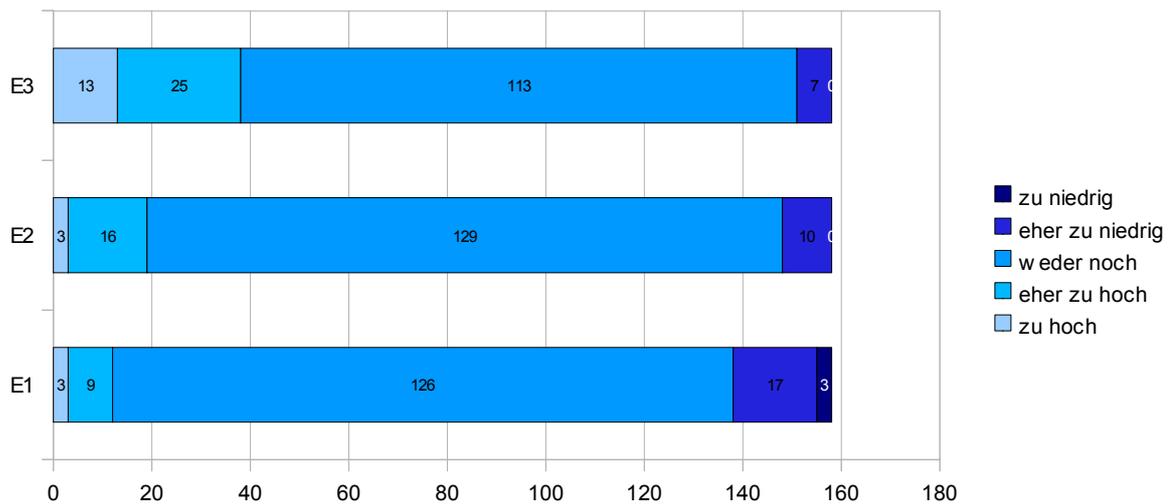


Abbildung 51: Balkendiagramm - Häufigkeiten der Präsenzeinheit E

E1: Die inhaltlichen Anforderungen der Versuche waren

E2: Die experimentellen Anforderungen der Versuche waren

E3: Der Arbeitsaufwand für die Versuche war

Die drei Items zeigen in der Abbildung 51 erfreulicherweise, dass die inhaltlichen (E1), experimentellen (E2) und zeitlichen (E3) Anforderungen weder zu hoch noch zu niedrig angesehen werden.

Die Summengraphik (Abbildung 52) sowie die Mittelwerte der Items (Tabelle 10) zeigen deutlich, dass es kaum Studierende gibt, die sich über- beziehungsweise unterfordert fühlten, sondern die Anforderungen genau richtig gestaltet waren.

	E1	E2	E3
Mittelwert	3,05	2,92	2,72
Standardabweichung	0,562	0,486	0,676

Tabelle 10: Mittelwerte und Standardabweichungen - Präsenzeinheit E

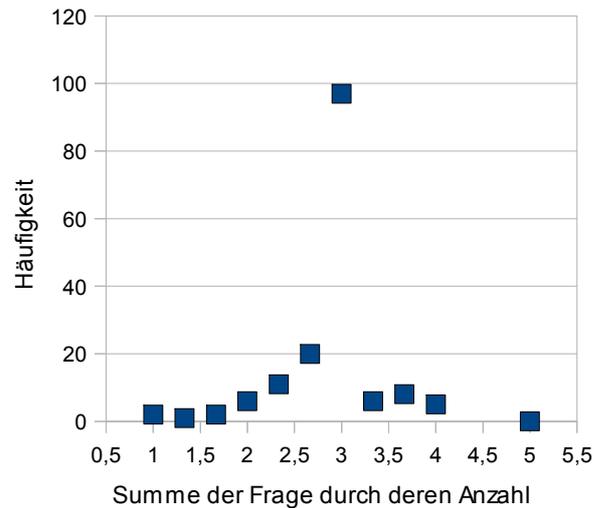


Abbildung 52: Summe der Items zur Präsenzeinheit E

5.5.13. Präsenzeinheiten

Das Ergebnis des Fragbogens zeigt nach Hofmann (2011) deutlich, dass der ernährungswissenschaftliche Bezug der Übungseinheiten einen großen Beitrag geleistet haben dürfte, dass der Großteil der Studierenden den Zusammenhang zu ihrem Hauptfach erkennen.

	Praesenz1	Praesenz2	Praesenz3	Praesenz4
Mittelwert	2,41	1,96	2,05	2,51
Standardabweichung	0,93	0,67	0,77	0,95
	Praesenz5	Praesenz6	Praesenz7	Praesenz8
Mittelwert	2,65	1,92	1,96	2,14
Standardabweichung	1,16	0,82	0,82	0,88

Tabelle 11: Mittelwert und Standardabweichung - Präsenzeinheiten nach Hofmann (2011)

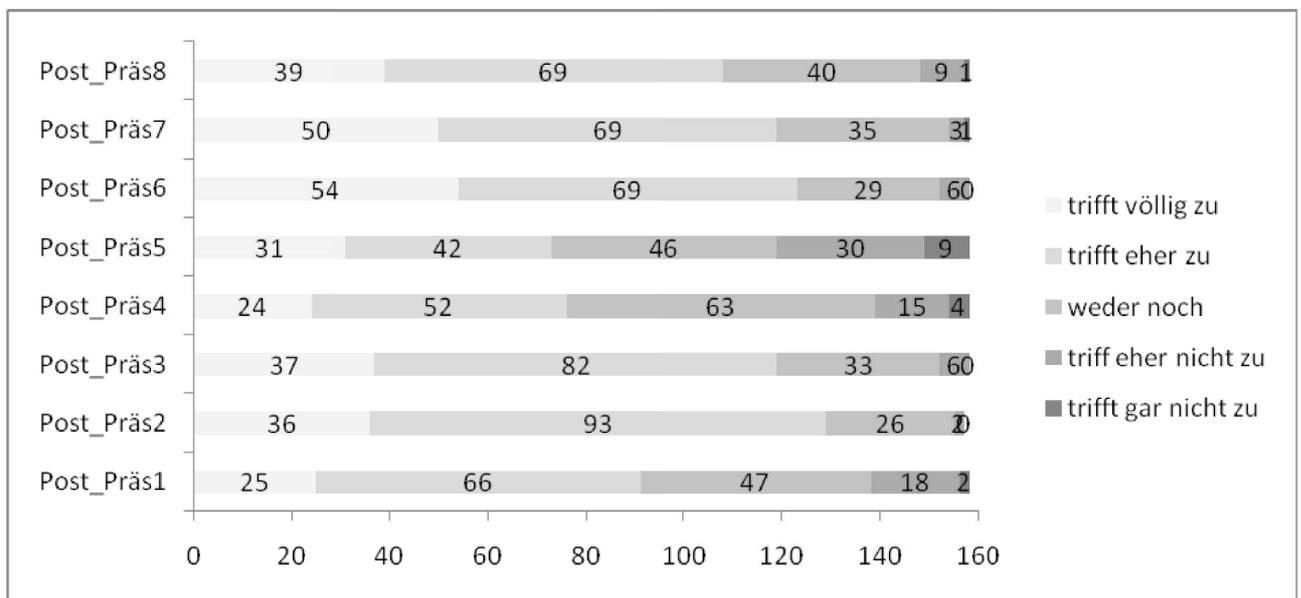


Abbildung 53: Balkendiagramm - Präsenzeinheiten nach Hofmann (2011)

Praesenz1: Die Präsenz – Einheiten machten mir den Bezug zu meinem Studienfach anschaulich deutlich

Praesenz2: Die Präsenz – Einheiten machten mir physikalische Zusammenhänge verständlich

Praesenz3: Bei den Präsenz – Einheiten wurde mir der Zusammenhang zwischen Experiment und Theorie klar.

Praesenz4: Die Inhalte der Präsenz – Einheiten halte ich als Grundlage für meine weitere Ausbildung für wichtig

Praesenz5: Ich vermute, dass ich die Unterlagen zu den Präsenz – Einheiten nach Abschluss des Praktikums noch einmal benutzen werde.

Praesenz6: Die Anleitung in den Präsenz – Einheiten war ausreichend zur Durchführung der Versuche.

Praesenz7: Die Art der Versuchsdurchführung in den Präsenz – Einheiten ermöglichte das selbständige Erarbeiten der Ergebnisse.

Praesenz8: Ich habe die Präsenz – Einheiten mit Interesse bearbeitet.

Das Erkennen der physikalischen Zusammenhänge ist den Studierenden (Tabelle 11: Mittelwert 1,96) im Rahmen der Präsenzeinheiten leichter gefallen als während der Onlineeinheiten (Tabelle 9: Mittelwert 2,58). Das Arbeiten mit physikalischen Geräten, dürfte nach Hofmann nicht gänzlich durch den Einsatz von Filmen und interaktiven Bildschirmexperimenten ersetzbar sein. Weiters hat überwiegende Mehrheit der Studierenden einen Zusammenhang von Theorie und Experiment erkannt.

Auf die Frage ob die Anleitungen in den Präsenzeinheiten ausreichend zur Durchführung der Versuche waren geben nach Hofmann mehr als 80% der Studierenden eine positive Rückmeldung, dies zeigt deutlich wie wichtig den Studierenden die exakten und detaillierten Versuchsbeschreibungen sind. Nur 6 Studierende sind nach Hofmann der Meinung, dass die Versuchsbeschreibung nicht ausreichend zur Bewältigung der Experimente ist. Obwohl die Versuche sehr kleinschrittig beschrieben werden, sind ca. 85% der Meinung, dass die Art der Versuchsdurchführung das selbständige Erarbeiten der Ergebnisse ermöglicht. Der Mittelwert von 1,96 bestätigt dies.

Auch Interesse und Motivation während der Präsenzeinheiten wurden, nach Hofmann sehr hoch eingestuft. Nur 10 Studierende waren eher bis völlig desinteressiert.

5.5.14. Experimente selbst durchführen

Es wurden 155 gültige Antworten ausgewertet.

Die Items zu den Assoziationen der Studierenden über das selbständige Experimentieren sind nach Cronbachs Alpha ($\alpha=0,883>0,7$) eine zuverlässige Messung.

Die selbsterklärenden Items waren folgendermaßen formuliert:

- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich spannend
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich fad
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich interessant
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich langweilig
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich macht Spaß
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich ist zu anstrengend für mich
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich traue ich mir zu
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich wollte ich noch nie machen
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich lehrreich
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich fördert das Verständnis
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich verwirrt mich
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich notwendig
- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich überflüssig

- Physikalische Experimente selber durchführen finde ich für mein Studium relevant

Die Abbildungen 54 und 55, zeigen dass das selbstständige Experimentieren als eher spannend und interessant empfunden wird und den Studierenden auch Spaß macht, da eindeutig mehr als die Hälfte diese Items als positiv bewertet.

Im Gegenzug dazu haben deutlich mehr als die Hälfte der Studierenden die Items anstrengend, langweilig und fad als nicht oder eher nicht zutreffend empfunden.

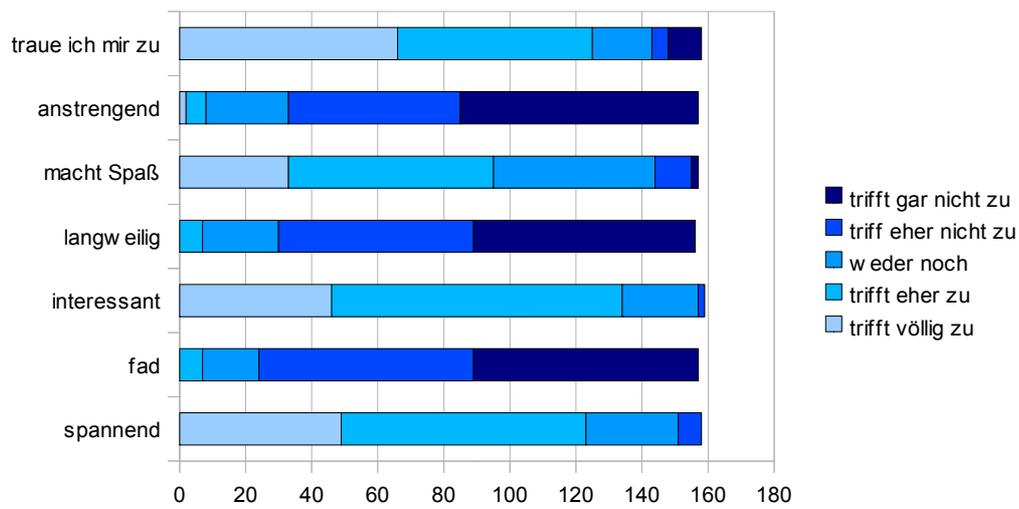


Abbildung 54: Balkendiagramm- Experimente selbst durchführen 1

Ebenso empfinden die Studierenden die Relevanz für das eigene Studium und die Notwendigkeit des Experimentierens als eher gegeben. Weiters geben sehr viele Studierende an, dass das selbstständige Arbeiten das Verständnis fördert und lehrreich ist.

Dies unterstützt die Ablehnung der Items, welche das Experimentieren als verwirrend und überflüssig beschreiben. Auch die Mittelwerte in der Tabelle 12 untermauern den Eindruck den die beiden Abbildungen 55 und 56 vermitteln.

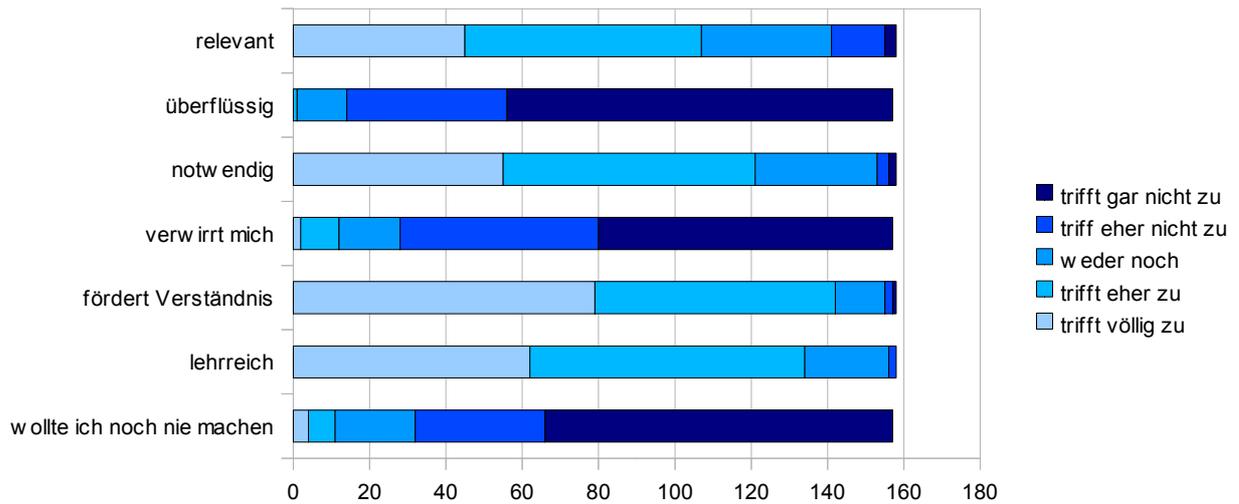


Abbildung 55: Balkendiagramm- Experimente selbst durchführen 2

	Exp_spannend	Exp_fad	Exp_interessant	Exp_langweilig
Mittelwert	1,96	4,24	1,88	4,19
Standardabweichung	0,817	0,818	0,688	0,851

	Exp_Spass	Exp_anstrangend	Exp_traue	Exp_nochnie
Mittelwert	2,28	4,18	1,95	4,28
Standardabweichung	0,919	0,926	1,110	1,024

	Exp_lehrreich	Exp_foerdert	Exp_verwirrt
Mittelwert	1,77	1,63	4,22
Standardabweichung	0,731	0,744	0,958

	Exp_notwendig	Exp_ueberfluessig	Exp_relevant
Mittelwert	1,93	4,55	2,16
Standardabweichung	0,860	0,674	1,002

Tabelle 12: Mittelwerte und Standardabweichungen - Experimente selbst durchführen

Um eine aussagekräftige Aussage über die Summe der Assoziationen der Studierenden zur Lehrveranstaltung machen zu können, mussten zuerst die Antworten der negativ formulierten Items undefiniert werden.

In der Abbildung 56, ist zu sehen, dass es gar keinen Studierenden gibt der sehr schlechte Assoziationen zur Lehrveranstaltung hat. Der Großteil der Studierenden ist unter 3 zu finden. Dies bedeutet, dass die Assoziationen der Studierenden durchwegs positiv ausfallen und es sogar einen beachtlichen Teil gibt, bei dem die Lehrveranstaltung einen sehr positiven Eindruck hinterlassen hat.

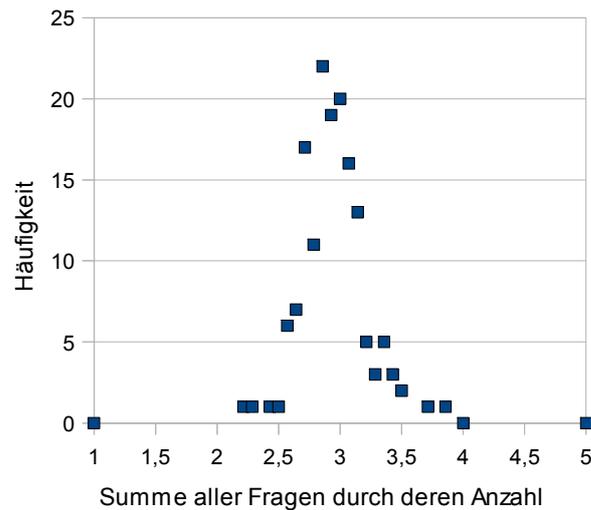


Abbildung 56: Summe der Items zum selbstständigen Experimentieren

5.5.15. Rechnerisches Auswerten von Messdaten

Nach Hofmann (2011) empfinden die Studierenden das rechnerische Auswerten der Messdaten als nicht spannend eher fad und anstrengend. Es fehlt den Studierenden der Spaßfaktor, um die nötigen Rechnungen mit Engagement durchzuführen. Positiv erwähnt Hofmann, dass die Mehrheit der Studierenden das rechnerische Auswerten sowohl als Beitrag für das Verständnis der physikalischen Themen sowie als relevant für das eigene Studium erkennt. Hingegen gibt es auch einen großen Teil, der das rechnerische Auswerten der Messdaten als völlig überflüssig bewertet. (siehe Abbildung 57, Tabelle 13)

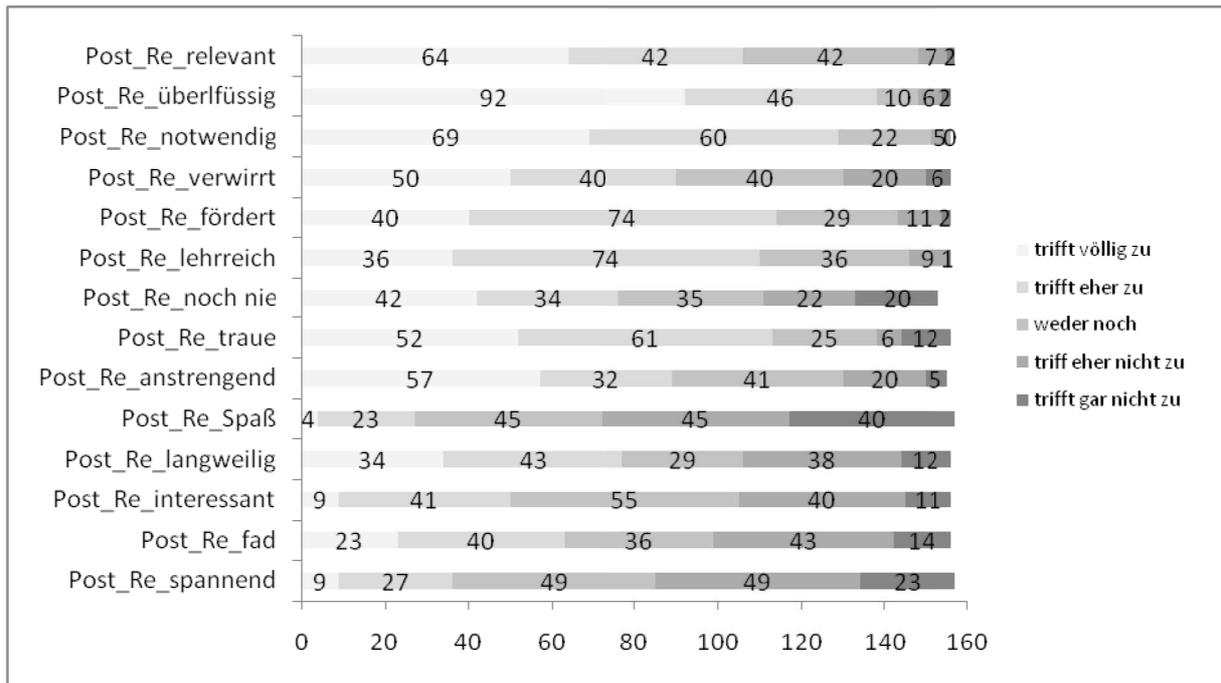


Abbildung 57: Balkendiagramm - Häufigkeiten Rechnerisches Auswerten halte ich für... - nach Hofmann (2011)

	Post_Re_spannend	Post_Re_fad	Post_Re_interessant	Post_Re_langweilig
Mittelwert	3,32	2,90	3,02	2,69
Standardabw.	1,098	1,217	1,019	1,269
	Post_Re_Spass	Post_Re_anstrengend	Post_Re_traue	Post_Re_nochnie
Mittelwert	3,60	2,25	2,13	2,63
Standardabw.	1,097	1,177	1,153	1,366
	Post_Re_lehrreich	Post_Re_foerdert	Post_Re_verwirrt	Post_Re_notwendig
Mittelwert	2,13	2,11	2,31	1,76
Standardabw.	0,858	0,913	1,162	0,812
	Post_Re_ueberfluessig	Post_Re_relevant		
Mittelwert	1,59	1,99		
Standardabw.	0,872	0,987		

Tabelle 13: Mittelwert und Standardabweichung - Rechnerisches Auswerten halte ich für...- nach Hofmann (2011)

5.6. Resümee aller qualitativen Ergebnisse der Übungseinheit E

Der Großteil der Studierenden ist mit der Übungseinheit sehr zufrieden, wie der Fragebogen zeigt. Sowohl die inhaltlichen als auch die zeitlichen Anforderungen sind gut an die Studierenden angepasst. Es ist den Studierenden möglich die Einheit selbstständig zu bearbeiten. Dies erleichtert

sowohl den Betreuern als auch den Studierenden die Arbeit. Die Studierenden haben dadurch eine erhöhte Motivation, somit hinterlässt die Übungseinheit E einen sehr positiven Eindruck.

Enttäuschend ist, dass die beiden Studierenden, mit denen ein narratives Interview durchgeführt wurde angeben, den Bezug zur Ernährungswissenschaft nicht zu erkennen und die Notwendigkeit eines Physikpraktikums für das eigene Studium in Frage stellen.

Der Fragebogen liefert dazu etwas positivere Rückmeldungen, vor allem das selbstständige Experimentieren wird vom Großteil der Studierenden sehr positiv aufgenommen.

Das mangelnde Abstraktionsvermögen, welches den Studierenden der Ernährungswissenschaften vom Übungsleiter zugesprochen wurde, ist auch in der deskriptiven Analyse zur Übungseinheit E zu beobachten gewesen. Diese jedoch zu verallgemeinern, oder auf die fehlende Bereitschaft sich mit der Materie auseinander zu setzen wollen, zurückzuführen, wäre zu einfach.

Die Studierenden kommen mit sehr wenig mathematischem Vorwissen in das physikalische Praktikum und deshalb fehlt im Umgang mit physikalischen und mathematischen Größen die notwendige Übung, welche für gewisse Abstraktionsvorgänge notwendig wäre.

5.7. Resümee aller qualitativen Ergebnisse der Übungseinheit W

Die wichtigste Erkenntnis des Analyseprozess der Übungseinheit W ist, dass vor allem die zeitlichen Anforderungen etwas zu hoch sind. Dies zeigen sowohl die Auswertung des Fragebogens, als auch die Anregungen der Kursbetreuer. Auch die Beobachtungen des Aktionsforschungsrasters zeigten, dass die Einheit zu lang und anspruchsvoll ist, um diese an einem Tag zu erledigen.

Hingegen dürften die inhaltlichen Anforderungen an die Studierenden zwar hoch aber nicht zu hoch sein. Den entstandenen Problemen könnte mit weiteren Hilfestellungen, wie sie von einem Kursbetreuer in 5.2.5. beschrieben wurden, entgegengewirkt und somit auch die Bearbeitungszeiten verkürzt werden.

Wurde von den Studierenden nach der Übungseinheit E kein Zusammenhang zur Ernährungswissenschaft erkannt, so dürfte die Übungseinheit W diesen deutlicher machen. Die Bearbeitungszeiten lassen vermuten, dass die Studierenden die Bioimpedanzanalyse mit größerem Interesse bearbeiten. Dies mag ein Grund dafür sein, dass der Fragebogen größtenteils positive Rückmeldungen bezüglich des Bezugs zur Ernährungswissenschaft liefert.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel der Arbeit war, zwei neue Einheiten des Praktikums für Ernährungswissenschaftler zu entwickeln. Diese sollten an den Wissensstand und die Bedürfnisse der Ernährungswissenschaftler angepasst werden.

Da die Studierenden der Ernährungswissenschaften wenig bis gar keine physikalischen Vorkenntnisse aus der Schule mitbringen und als Vorbereitung vor dem Praktikum nur eine Physikvorlesung absolvieren, kann nicht erwartet werden, dass sie zu denselben Schlussfolgerungen und Interpretationen wie ein Studierender des Bachelorstudiums Physik fähig sind. Folglich sollte man nicht den Fehler begehen, die Studierenden der Ernährungswissenschaften mit Studierenden der Physik zu vergleichen, sondern alle unterschiedlichen Ausgangspositionen beachten und diese seinen Erwartungen zugrunde legen.

Deshalb wurden die Einheiten so gestaltet, dass es den Studierenden möglich ist, auch ohne alle physikalischen Zusammenhänge und Schlussfolgerungen zu erkennen, die Experimente selbstständig anhand kleinschrittiger Anleitungen durchzuführen. Dazu mussten neue Experimente entwickelt werden, welche auch im Rahmen dieses Praktikums eindrucksvoll die Lernziele unterstützen würden. Die Lernziele sollten wiederum an die Bedürfnisse der Studierenden angepasst werden, indem diese in einen ernährungswissenschaftlichen Kontext gebettet wurden. Da wie bereits beschrieben von sehr wenig physikalischem, wie mathematischem Vorwissen ausgegangen werden musste, war es eine große Herausforderung, in den Lernunterlagen nicht nur die Experimente möglichst exakt und kleinschrittig zu beschreiben, sondern auch den physikalischen Hintergrund auf sehr einfachem Niveau exakt und konsistent zu vermitteln.

Dies ist durchaus gelungen und trug, ebenso wie der ernährungswissenschaftliche Kontext, dazu bei die Motivation der Studierenden zu heben.

Die Übungseinheiten sollen den Studierenden Grundlagen der experimentelle Fähigkeiten physikalischen Größen vermitteln und möglichst gute Verbindungen zwischen der einzelnen Einheit und der Ernährungswissenschaft herstellen. Weiters bieten die Arbeitsunterlagen die Möglichkeit zur Vertiefung.

Mit mehr Vorwissen wären der potentielle Nutzen und Wissenserwerb für die Studierenden der Ernährungswissenschaften im Rahmen dieser Lehrveranstaltung deutlich ausbaufähig. Würden die Studierenden die physikalischen und mathematischen Grundlagen bereits vor dem Praktikum

erlernen, wäre eine verstärkte Konzentration auf Vermittlung der experimentellen Fähigkeiten möglich.

Mit den neuen Übungseinheiten und deren Weiterentwicklung, die auf Kenntnisse und Bedürfnisse der Ernährungswissenschaftler Rücksicht nehmen, ist jedoch vorerst ein wichtiger Schritt getan, um den Studierenden physikalische Grundfähigkeiten im Experimentieren mit den notwendigen theoretischen Grundlagen anbieten zu können.

7. Anhang

7.1. Fragebogen des Posttests - siehe beigelegte CD-ROM

7.2. Arbeitsbuch der Präsenzeinheit E – siehe beigelegte CD-ROM

7.3. Die Onlinelernumgebung der Onlineeinheit W

Die Onlinelernumgebung kann mit den angegebenen Zugangsdaten unter dem Link <https://elearning.mat.univie.ac.at/physikwiki/index.php/Hauptseite?elearning=1#> besucht werden..

Probezugang: username: PLT2010, Passwort: vienna

A Materialien

Literaturverzeichnis

Altrichter, H & Posch, P (Hg.) (1998). Lehrer erforschen ihren Unterricht. Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 3. Auflage.

Comenius, J. A. (1954). Große Didaktik, in neuer Übersetzung hrsg. von A. Flitner, Düsseldorf und München

BIA-Kompendium III – Data-Input Service- und Vertriebsgesellschaft für medizinische Hard- und Software mbH

Demtröder, W (Hg.) (1998). Demtröder. Springer, Heidelberg.

Embacher, F (2005). eLearning an der Fakultät für Physik [eLearnPhysik]. Projektantrag der Fakultät für Physik an der eLearning Ausschreibung 2005 der Universität Wien.

Embacher, F, Höller, H, Nagel, C, Primetshofer, C, Reisinger, P & Wolny, B (2009). eLearn Physik 2005-2009 Schwerpunktprojekt an der Fakultät für Physik Universität Wien. Endbericht Juli 2009.

Kattmann, U, Duit, R, Gropengießer, H & Komorek, M (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(3), 3§18.

Kircher, E, Girwidz, R & Häußler, P (Hg.) (2000). Physikdidaktik- Eine Einführung in Theorie und Praxis. Friedrich Vieweg & Sohn VerlagsGesmbH, Braunschweig/Wiesbaden.

Kirstein, J & Nordmeier, V (2007). Multimedia representation of experiments in physics. European Journal of Physics.

Mikelskis Helmut F. (Hg.) (2006). Fachdidaktik: Physik-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II

Müller R., Wodzinski R. und Hopf M. (Hg.) (2007) – Schülervorstellung in der Physik

Silke Mikelskis-Seifert und Thorid Rabe (2007). Fachmethodik: Physik- Methodik: Handbuch für die Sekundarstufe I und II

Nagel, C (Hg.) (2009). eLearning im physikalischen Anfängerpraktikum. Studien zum Physiklernen, Band 96. Logos, Berlin, 1. Auflage.

Nagel, C & Wolny, B (2008). eLearning in the Introductory Physics Lab.
URL <http://www.editlib.org/p/29215>

Neumann, K (Hg.) (2004). Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. Studien zum Physiklernen, Band 38. H. Niedderer und H. Fischler, Logos Verlag Berlin.

Neumann, K, Schumacher, D & Welzel, M (2004). Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. Chemie- und naturwissenschaftliche Bildung

Ryan, RN & Deci, EL (Hg.) (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination In Human Behavior. Perspectives in social psychology. Plenum Press, New York.

Rinn Ulrike und Meister Dorothee M. (Hg.) (2004). Didaktik und Neue Medien

Theyßen, H (Hg.) (1999). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin: Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines Adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Studien zum Physiklernen, Band 9. H. Niedderer und H. Fischler, Logos Verlag Berlin.

Theyßen, H & Schumacher, D (Hg.) (2002). Physikpraktikum für Medizinstudierende - Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums. Jahrbuch 2001 der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Kaiser, G. (Hg.), Universitätsstraße 1 Düsseldorf. Seiten 202-211.

Theyßen, H & Schumacher, D (Hg.) (2003). Praktikum für Mediziner. Praktikumsanleitungsheft. Heinrich Heine Universität, Universitätsstraße 1 Düsseldorf.

Tipler, FJ (Hg.) (1994). Tipler. Spektrum, Heidelberg.

Wolny, B (2010). Neugestaltung der Übungen zur Physik für Ernährungswissenschaften unter Verwendung der Methode der didaktischen Rekonstruktion für Hochschulpraktika.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modell der didaktischen Rekonstruktion- Abbildung nach Neumann (2004).....	6
Abbildung 2: Einflussfaktoren von Bedeutungskonstruktionen, nach Welzel 1995 (Theyßen 1999).9	
Abbildung 3: Einordnung der experimentellen Methode nach Berger (2007).....	14
Abbildung 4: Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer (2001).....	17
Abbildung 5: Das didaktische Dreieck virtuellen Lernens nach Schulmeister (2004).....	19
Abbildung 6: Zwei Typen virtueller Lehre nach Schulmeister (2004).....	21
Abbildung 7: Wasserstromkreis nach Schwedes und Schilling (1983).....	28
Abbildung 8: Typische Schülervorstellung zu einem Reihenwasserkreis nach Schwedes und Schilling (1983).....	29
Abbildung 9: Typische Schülervorstellung nach Schwedes und Schilling (1983).....	29
Abbildung 10: Typische Schülervorstellung zu einem Parallelwasserkreis nach Schwedes und Schilling (1983).....	30
Abbildung 11: Graphik im Arbeitsbuchs - Wasserstromkreis	30
Abbildung 12: Serielltes Schalten des Voltmeters.....	32
Abbildung 13: Paralleles Schalten des Amperemeters.....	32
Abbildung 14: Spannungsmessung an einem Widerstand.....	32
Abbildung 15: Strommessung zwischen den beiden Widerständen.....	32
Abbildung 16: Spannungsmessung an einem Widerstand.....	33
Abbildung 17: Gesamtstrommessung nach Verzweigung.....	33
Abbildung 18: Elektrolytwanne mit Elektroden.....	35
Abbildung 19: Ionenwanderung sichtbar gemacht, Quelle: www.chemieunterricht.de.....	37
Abbildung 20: Experiment Vergleich Multimeter – Oszilloskop.....	48
Abbildung 21: Bei einer Frequenz von 120 Hz zwei unterschiedliche Zeiteinstellungen des Oszilloskops – Im IBE sind die Anzeigen des Frequenzgenerators geschwärzt.....	49
Abbildung 22: Fettfaltenmessung.....	53
Abbildung 23: Messung mit dem Bioimpedanzanalysegerät.....	53
Abbildung 24: Auswertung der Messung mit dem Bioimpedanzanalysegerät.....	54
Abbildung 25: Animation - Sinusfunktion.....	56
Abbildung 26: Experiment: Oszilloskop - Multimeter.....	57
Abbildung 27: Experiment: Frequenzmessung.....	58
Abbildung 28: Animation: zeitabhängige Schwingungen.....	59
Abbildung 29: Graph: Leistung des Wechselstroms.....	59
Abbildung 30: Experiment: Wechselstromwiderstände	60
Abbildung 31: Experiment: Multimetermessung.....	61
Abbildung 32: Animation Phasenverschiebung.....	63
Abbildung 33: Ersatzschaltbild von Körperwiderständen nach BIA-Kompendium III. der Firma Data Input.....	64
Abbildung 34: Methoden zur qualitativen Analyse der Übungseinheit E.....	66
Abbildung 35: Methoden zur qualitativen Analyse der Übungseinheit W.....	67
Abbildung 36: Aktionsforschungsraster - Präsenzeinheit E.....	71
Abbildung 37: Aktionsforschungsraster Onlineinheit W.....	72
Abbildung 38: Balkendiagramm - Häufigkeiten Motivation.....	83
Abbildung 39: Summe über alle Motivationsitems- Histogramm.....	86
Abbildung 40: Balkendiagramm - Häufigkeiten Lernstrategie.....	87
Abbildung 41: Balkendiagramm - Häufigkeiten Anstrengungsbereitschaft.....	88
Abbildung 42: Summe der Anstrengungsisems.....	89
Abbildung 43: Balkendiagramm - Häufigkeiten Nutzungstypen.....	90

Abbildung 44: Summe über Nutz-Items - Histogramm.....	91
Abbildung 45: Balkendiagramm - Häufigkeiten Lerntyp nach Hofmann (2011).....	92
Abbildung 46: Balkendiagramm - Onlineeinheit W.....	94
Abbildung 47: Summe über Items der Onlineeinheiten.....	95
Abbildung 48: Arbeitsaufwand für die Übungseinheit W.....	95
Abbildung 49: Balkendiagramm - Onlineeinheiten.....	96
Abbildung 50: Summe über die Items der Online-Einheiten.....	97
Abbildung 51: Balkendiagramm - Häufigkeiten der Präsenzeinheit E.....	98
Abbildung 52: Summe der Items zur Präsenzeinheit E.....	99
Abbildung 53: Balkendiagramm - Präsenzeinheiten nach Hofmann (2011).....	100
Abbildung 54: Balkendiagramm- Experimente selbst durchführen 1.....	102
Abbildung 55: Balkendiagramm- Experimente selbst durchführen 2.....	103
Abbildung 56: Summe der Items zum selbstständigen Experimentieren.....	104
Abbildung 57: Balkendiagramm - Häufigkeiten Rechnerisches Auswerten halte ich für... - nach Hofmann (2011).....	105

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Analyse der Onlinezeiten der Übungseinheit W.....	80
Tabelle 2: 24 zufällige Bearbeitungszeiten der roten Seien.....	80
Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichungen - Motivation.....	84
Tabelle 4: Mittelwerte und Standardabweichungen - Lernstrategie.....	87
Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichungen - Anstrengungsbereitschaft.....	89
Tabelle 6: Mittelwerte und Standardabweichungen Nutzen.....	90
Tabelle 7: Mittelwert und Standardabweichung – Lerntyp nach Hofmann (2011).....	92
Tabelle 8: Mittelwerte und Standardabweichungen Onlineeinheit W.....	94
Tabelle 9: Mittelwerte und Standardabweichungen - Onlineeinheiten.....	97
Tabelle 10: Mittelwerte und Standardabweichungen - Präsenzeinheit E.....	99
Tabelle 11: Mittelwert und Standardabweichung - Präsenzeinheiten nach Hofmann (2011).....	99
Tabelle 12: Mittelwerte und Standardabweichungen - Experimente selbst durchführen.....	103
Tabelle 13: Mittelwert und Standardabweichung - Rechnerisches Auswerten halte ich für...- nach Hofmann (2011).....	105

Lebenslauf

Bauer Jakob

Geboren in Korneuburg, am 3.6. 1984

Als Tochter von Dr. Toska und Dr. Hans Bauer

BLDUNGSWEG

Universität Wien

Erste Diplomprüfung des Lehramtsstudiums Physik und Mathematik am 10.3.2006

Nachweis der pädagogischen Ausbildung (Universität Wien)

BG/BRG Laa/Thaya

Matura am 2.6.2003

Interessenschwerpunkte: Physik, Mathematik, Englisch, Informatik

Volksschule I Mistelbach

LEHRERFAHRUNGEN

Konrad Lorenz Gymnasium Gänserndorf/ Standort Groß-Enzersdorf

Sondervertragslehrer für Mathematik und Physik seit 02/2009

Motivation & Lerntypen in Uni-Wien Anfängerpraktika der Physik:

Posttest SS2010

LV: UE zu Physik für Ernährungswissenschaften

Bitte helfen Sie mit, die Praktikumslehrveranstaltungen zu verbessern. Herzlichen Dank!

Geschlecht: <input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich	Alter:
Semester in dieser Studienrichtung :	

Für die Auswertung dieser Befragung ist es notwendig, die Fragebögen nach einem zweiten Durchlauf einander zuordnen zu können. Wir bitten Sie daher, diesen Fragebogen mit einem Codenamen zu kennzeichnen. Ihre Anonymität wird dadurch trotzdem garantiert.

Bitte verwenden Sie folgende Kombination: Die Tageszahl Ihres Geburtsdatums, die ersten zwei Buchstaben im Vornamen Ihrer Mutter, die letzten zwei Buchstaben im Nachnamen Ihrer Mutter.

Codename: _____

Denken Sie bei der Beantwortung der folgenden Fragen an die Übungen zu Physik für Ernährungswissenschaften:

Ich empfand die Stimmung als sehr angenehm.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich hatte das Gefühl dazuzugehören.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich habe gemerkt, dass ich die Dinge verstanden habe.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich fühlte mich den Anforderungen gewachsen.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich hatte die Möglichkeit, neue Bereiche eigenständig zu erkunden.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich hatte das Gefühl, Entscheidungsspielräume zu haben.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die Arbeit machte mir richtig Spaß.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich war in den Lehrveranstaltungen wissbegierig.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich fühlte mich konzentriert.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich fühlte mich engagiert.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich habe mir so viele Fakten wie möglich eingeprägt.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich habe versucht, wichtige von unwichtigen Inhalten zu unterscheiden.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich habe versucht, den Stoff mit dem zu verbinden, was ich schon wusste.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich habe die neuen Inhalte kritisch geprüft.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Wenn ich lerne, arbeite ich so fleißig wie möglich.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Wenn ich lerne, arbeite ich auch dann weiter, wenn der Stoff schwierig ist.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Wenn ich lerne, versuche ich mein Bestes zu geben, um mir das Wissen und die Fertigkeiten anzueignen.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich nutze stets alle angebotenen Lernunterlagen zur Vor- oder Nachbereitung.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Wenn ich mich vor- oder nachbereite, studiere ich (falls angeboten) den Anleitungstext immer vollständig.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Wenn ich mich vor- oder nachbereite, bearbeite ich alle angebotenen Web-Ressourcen gewissenhaft.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich nutze von den angebotenen Lernunterlagen zur Vor- oder Nachbereitung nur, was schnell und einfach zu bearbeiten/studieren ist.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Wenn ich mich vor- oder nachbereite, achte ich darauf, alle Lernziele zu erreichen.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				

Wenn ich mich vor- oder nachbereite, investiere ich möglichst wenig Zeit und Arbeit.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Während einer Lehrveranstaltung will ich mitdenken und Inhalte verstehen.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Während einer Lehrveranstaltung will ich Aufgaben schnell erledigen, egal ob ich die Inhalte dabei verstanden habe.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die zur Verfügung gestellten Unterlagen ermöglichen eine gute Orientierung über die gestellten Aufgaben.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die experimentelle Ausrüstung ist in gutem Zustand und einsatzfähig.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die Aufgaben sind so eingeteilt, dass sie in der vorgesehenen Zeit bewältigt werden können.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich habe den Eindruck, dass die behandelten Inhalte für mein Studium relevant sind.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				

ONLINE-EINHEIT O – Geometrische Optik / Mikroskop:								
Die inhaltlichen Anforderungen der Versuche waren	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig					
Die experimentellen Anforderungen der Versuche waren	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig					
Der Arbeitsaufwand für die Versuche war	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig					
Der Arbeitsaufwand für die Versuche war in etwa	Stunden							
ONLINE-EINHEIT W – Wechselstrom, Wechselstromwiderstände, Bioimpedanzanalyse:								
Die inhaltlichen Anforderungen der Versuche waren	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig					
Die experimentellen Anforderungen der Versuche waren	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig					
Der Arbeitsaufwand für die Versuche war	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig					
Der Arbeitsaufwand für die Versuche war in etwa	Stunden							
ONLINE-EINHEIT K – Kalorimetrie (Wärmekapazität, Verbrennungskalorimetrie, Grundumsatz):								
Die inhaltlichen Anforderungen der Versuche waren	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig					
Die experimentellen Anforderungen der Versuche waren	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig					
Der Arbeitsaufwand für die Versuche war	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig					
Der Arbeitsaufwand für die Versuche war in etwa	Stunden							

Die Online-Einheiten machten mir den Bezug zu meinem Studienfach anschaulich deutlich.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die Online-Einheiten machten mir physikalische Zusammenhänge verständlich.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Bei den Online-Einheiten wurde mir der Zusammenhang zwischen Experiment und Theorie klar.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die Inhalte der Online-Einheiten halte ich als Grundlage für meine weitere Ausbildung für wichtig.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich vermute, dass ich die Unterlagen zu den Online-Einheiten nach Abschluss des Praktikums noch einmal nutzen werde.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die Anleitung in den Online-Einheiten war ausreichend zur Durchführung der Versuche.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die Art der Versuchsdurchführung in den Online-Einheiten ermöglichte das selbständige Erarbeiten der Ergebnisse.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich habe die Online-Einheiten mit Interesse bearbeitet.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				

PRÄSENZ-EINHEIT E – Grundlagen der Elektrizität							
Die inhaltlichen Anforderungen der Versuche waren	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig				
Die experimentellen Anforderungen der Versuche waren	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig				

Der Arbeitsaufwand für die Versuche war	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig				
---	---------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	------------

PRÄSENZ-EINHEIT F – Eigenschaften von Flüssigkeiten							
Die inhaltlichen Anforderungen der Versuche waren	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig				
Die experimentellen Anforderungen der Versuche waren	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig				
Der Arbeitsaufwand für die Versuche war	zu hoch	<input type="checkbox"/>	Zu niedrig				

Die Präsenz-Einheiten machten mir den Bezug zu meinem Studienfach anschaulich deutlich.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die Präsenz-Einheiten machten mir physikalische Zusammenhänge verständlich.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Bei den Präsenz-Einheiten wurde mir der Zusammenhang zwischen Experiment und Theorie klar.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die Inhalte der Präsenz-Einheiten halte ich als Grundlage für meine weitere Ausbildung für wichtig.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich vermute, dass ich die Unterlagen zu den Präsenz-Einheiten nach Abschluss des Praktikums noch einmal nutzen werde.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die Anleitung in den Präsenz-Einheiten war ausreichend zur Durchführung der Versuche.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Die Art der Versuchsdurchführung in den Präsenz-Einheiten ermöglichte das selbständige Erarbeiten der Ergebnisse.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				
Ich habe die Präsenz-Einheiten mit Interesse bearbeitet.	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu				

Freies Feedback zur Lehrveranstaltung. Lob, Kritik, Verbesserungsvorschläge:

Bitte halten Sie Ihre Assoziationen zur Lehrveranstaltung fest:

	Physikalische Experimente selber durchführen					Rechnerisches Auswerten von Messdaten halte						
	finde ich					ich für						
spannend	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu
fad	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu
interessant	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu
langweilig	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu
macht Spaß	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu
ist zu anstrengend für	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu

mich															
traue ich mir zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu									
wollte ich noch nie machen	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu									
lehrreich	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu									
fördert das Verständnis	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu									
verwirrt mich	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu									
notwendig	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu									
überflüssig	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu									
für mein Studium relevant	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu	trifft völlig zu	<input type="checkbox"/>	trifft gar nicht zu									

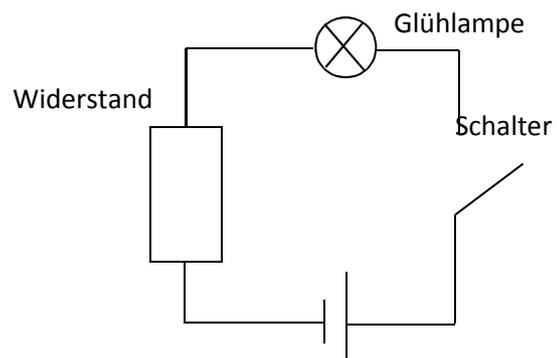
Die folgenden Fragen dienen der Feststellung Ihres momentanen Wissensstandes und ihrer experimentalphysikalischen Kompetenzen.

1. Damit man bei Physikexperimenten verwertbare Ergebnisse erzielt, muss man natürlich mit Messgeräten umgehen können. Um Spannung und Stromstärke in einem Stromkreis messen zu können, benutzt man für die Spannung ein Voltmeter und für die Stromstärke ein Amperemeter.
 Erinnern Sie sich, wie man die beiden Geräte in den Stromkreis einbauen muss, damit sie korrekte Werte anzeigen? Kreuzen Sie bitte die richtigen Antworten an!

	Voltmeter	Amperemeter
parallel zum Widerstand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vor den Widerstand (in Serie)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
hinter den Widerstand (in Serie)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
parallel zur Spannungsquelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Mit einem physikalischen Experiment wird immer eine Vermutung überprüft. Eine Vermutung hat immer die Form: wenn..., dann...
 Sowohl der Teil nach dem „wenn“ als auch der Teil nach dem „dann“ sind dabei messbar. Man kann dann im Experiment entscheiden, ob der jeweilige Teil zutrifft.
 Zum Beispiel: Wenn die Spannung vergrößert wird, dann vergrößert sich die Stromstärke bei konstantem Widerstand im gleichen Maße.
 Geben Sie zwei andere, physikalisch richtige Vermutungen wieder, die man mit einem Experiment überprüfen kann:

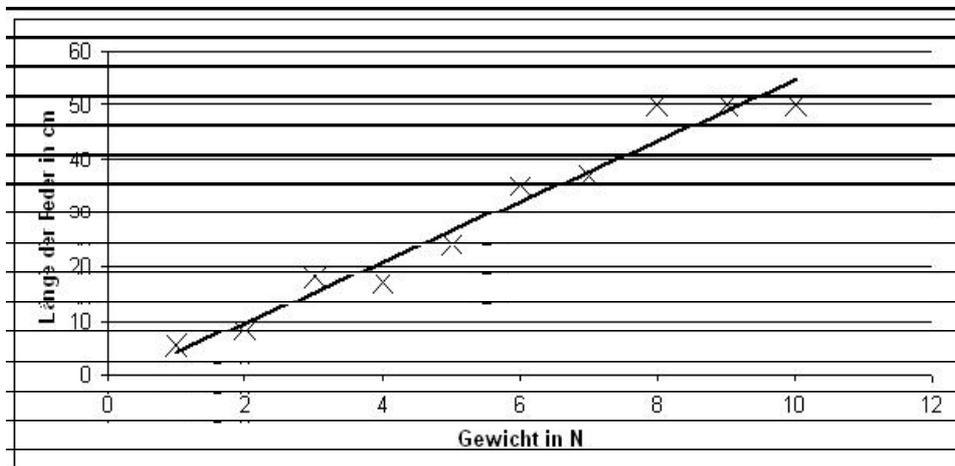
3. Echte Stromkreise zeichnen sich meist durch ein Gewirr von Kabeln und einzelnen Bauelementen aus. In der Physik und der Technik werden Stromkreise nicht realistisch abgebildet sondern als Schaltskizze. Diese muss man natürlich lesen können, das heißt, man muss sie wieder in reale Elemente übersetzen können.
 In der rechts abgebildeten Schaltskizze sind alle Teile bis auf eines beschriftet. Ergänzen Sie bitte die fehlende Beschriftung an dem Element!



4. Im Jahresbericht einer Schule wird über eine Projektwoche berichtet. Schülerinnen und Schüler haben die Ausdehnung von Federn in Abhängigkeit von einem daran hängenden Gewicht untersucht. In dem Artikel ist sehr ausführlich geschildert, dass alle sehr viel Spaß hatten und viel gelernt haben. Es sind die Namen der beteiligten Schülerinnen und Schüler sowie ihrer Lehrerin genannt, aber: Es ist nicht genau beschrieben, wie das Projekt aufgebaut war.

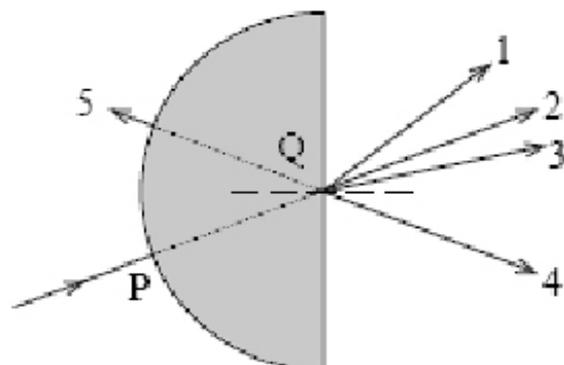
Das untenstehende Diagramm ist Teil des Artikels.

Wie wurde das Experiment durchgeführt und was wurde, wenn man die Grafik betrachtet, herausgefunden?



5. Wenn ein kleines Volumen von Wasser zum Kochen gebracht wird, entsteht ein großes Volumen von Wasserdampf. Warum ist das so?
- Die Moleküle haben im Wasserdampf einen größeren Abstand als im Wasser.
 - Wassermoleküle dehnen sich bei Erwärmung aus.
 - Die Änderung von Wasser zu Dampf lässt die Anzahl der Moleküle zunehmen.
 - Der Atmosphärendruck wirkt stärker auf Wassermoleküle als auf Dampfmo­leküle.
 - Wassermoleküle stoßen einander ab, wenn sie erwärmt werden.

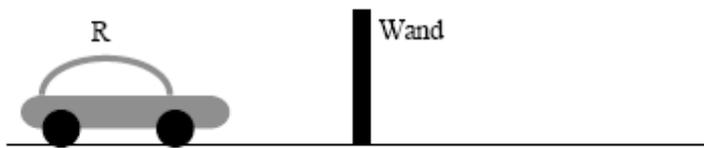
6. Ein Lichtstrahl durchläuft von P nach Q einen halbkreisförmigen Glaskörper, der von Luft umgeben ist. In welche Richtung wird der Lichtstrahl bei Q gebrochen? 1, 2, 3, 4 oder 5?



7. Ein Autohersteller macht eine Testserie an neuen Modellen. Zwei Fahrzeuge P und Q, mit gleicher Masse und Geschwindigkeit, fahren einander auf Kollisionskurs entgegen (siehe Figur 1). Ein drittes Auto R, mit derselben Masse und Geschwindigkeit wie die anderen Autos, fährt gegen eine unbewegliche Wand mit sehr großer Masse (siehe Figur 2). In beiden Fällen kommen die Autos nach dem Zusammenprall zum Stillstand.



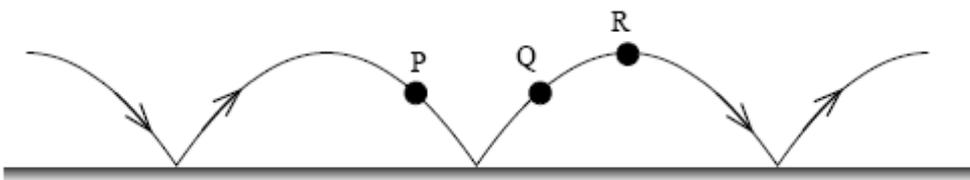
Figur 1



Figur 2

Der Betrag der kinetischen Energie, der in Deformationsenergie und Wärme verwandelt wird, ist bei Auto P

- größer als derjenige von Auto R.
 - gleich groß wie derjenige von Auto R.
 - kleiner als derjenige von Auto R.
 - nicht möglich herauszufinden, da Informationen fehlen.
8. Die Abbildung zeigt die Bewegung eines Balls, der bei vernachlässigtem Luftwiderstand auf dem Boden springt.



Zeichnen Sie Pfeile in die Abbildung ein, die die Richtung der Beschleunigung des Balls in den Punkten P, Q und R angeben.

2 Grundlagen der Elektrizität

2.1 Ziele von E

In dieser Übungseinheit soll ein Verständnis für Grundbegriffe der Elektrizitätslehre erarbeitet werden. Dazu gehören Begriffe wie elektrische *Stromstärke*, elektrische *Spannung*, elektrischer *Leitwert* und elektrischer *Widerstand*. Da im Folgenden nur mit elektrischen Größen gearbeitet wird, kann man den Zusatz „elektrisch“ vernachlässigen.

Für all diese elektrischen Größen gibt es Messmethoden und Messinstrumente. Im ersten Teil werden anhand einfacher elektrischer *Schaltungen* verschiedene Messgrößen bestimmt, um Zusammenhänge zu erkennen. Um eine aussagekräftige Messung zu erhalten, muss auch die Genauigkeit der Resultate abgeschätzt werden.

Im zweiten Teil werden Sie die Leitungseigenschaften von *Elektrolyten* untersuchen. Elektrolyte sind in Wasser gelöste Ionenverbindungen, die den elektrischen Strom leiten. Wird zum Beispiel NaCl in Wasser gelöst, so wird es zu Na^+ und Cl^- .

2.2 Ernährungswissenschaftlicher Bezug

In Ihrer späteren Lern- und Arbeitspraxis, werden Sie mit zahlreichen technischen Geräten Messungen durchführen. Die meisten Geräte basieren auf elektronischer Datenerfassung oder benutzen elektrische Größen (siehe oben) für den Messprozess. Daher ist es wichtig, dass Sie Grundbegriffe und -Prinzipien der Elektrizitätslehre verstehen und elektrische Messgeräte sicher bedienen lernen. Aber auch im menschlichen Körper finden sich alle wichtigen elektrischen Eigenschaften wieder: Reizleitung in Nervenzellen etwa funktioniert elektrisch. Intra- und Extrazellulärflüssigkeit sind Elektrolyte und haben -je nach Zustand- spezifische elektrische Charakteristiken (z.B. Leitwert, Membranpotential,...) Letzteres ist z.B. mitverantwortlich für den passiven Ionentransport durch die Zellwände (vgl. Vorlesungen aus Modul 1).

Um die elektrischen Eigenschaften des menschlichen Körpers ermitteln zu können, ist folglich eine gute Kenntnis über die Leitfähigkeit von Flüssigkeiten notwendig. Im ersten Teil dieser Einheit werden Leitungsmechanismen untersucht, die sich im Prinzip auf jedes Medium anwenden lassen (auch auf lebendes Gewebe). Sie sollen Verständnis für die Begriffe Stromstärke, Spannung, Leitwert und Widerstand anhand von einfachen Experimenten entwickeln. Im zweiten Teil mit einer Leitfähigkeitsmessung an einer Flüssigkeit diese näher gebracht. Dabei sollen Sie erkennen, dass mit physikalischen und chemischen Grundkenntnissen Aussagen über die Beschaffenheit verschiedener Stoffe anhand elektrischer Messungen gemacht werden kann. Ein weiteres Anwendungsgebiet findet die Leitfähigkeitsmessung in den Ernährungswissenschaften in der Trinkwasseranalyse.

Die praktischen und theoretischen Inhalte dieser Übungseinheit sind die Grundlage für eine wichtige Anwendung in der Ernährungslehre: *die Bioimpedanzanalyse*. In der Einheit W (Wechselstrom und Wechselstromwiderstände) werden Sie eine solche (virtuell) durchführen und die physikalischen Hintergründe dazu kennenlernen.

2.3 Leitfähigkeits- und Widerstandsmessung

Zu Beginn des Kapitels werden die Grundbegriffe der Elektrizität behandelt, die für das Verständnis von einfachen Stromkreisen (z.B. batteriebetriebene Glühlämpchen, netzstrombetriebene elektrische

Geräte) notwendig sind. Fließt in einem elektrischen Leiter (z.B. Metalldraht) Strom, so fließen die beweglichen Ladungsträger (Elektronen oder positive Ionen) in eine einheitliche Richtung, sie führen eine geordnete Bewegung, also eine Strömung aus. Der Grund für diese Bewegung ist ein elektrischer Potential-Unterschied, die elektrische Spannung.

Einen Potential-Unterschied kann man sich mit Abbildung 8 veranschaulichen.

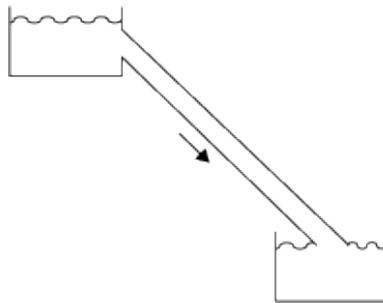


Abbildung 8: Wasserströmung von hohem zu niedrigem Potential

Verbindet man, wie in Abbildung 8, einen höher gelegenen Wasserbehälter mit einem niedriger gelegenen, so fließt das Wasser nach unten. Das Wasser im höher gelegenen Behälter hat eine höhere *potentielle Energie*. Den Energieunterschied den die beiden Behälter aufweisen, nennt man Potentialdifferenz.

Um die Elektronen in einem Metalldraht in eine Richtung fließen zu lassen, muss man ebenfalls eine Potentialdifferenz erzeugen. Diese Potentialdifferenz heißt *Spannung*. Zwischen den beiden Enden des Metalldrahts muss ein Energieunterschied herrschen, dann fließt Strom. Die Einheit der Spannung ist *Volt(V)*.

Damit im Falle des Wasserstromkreises überhaupt eine Potentialdifferenz entsteht, muss man Kraft entlang eines Wegs, also Energie, aufbringen um das Wasser in den höher gelegenen Behälter zu bringen. Dies veranschaulicht in der Abbildung 9 die Pumpe.

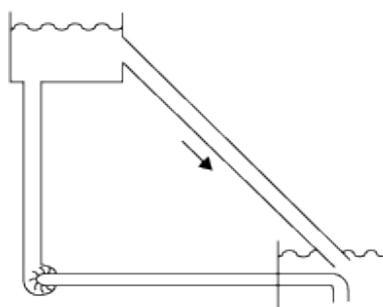


Abbildung 9: Wasserstromkreis

Der Wasserstromkreis ist ein direktes Analogon zum elektrischen Stromkreis. Auch im elektrischen Stromkreis muss eine Spannungsquelle (z.B. eine Batterie) Energie aufwenden, um einen elektrischen Potential-Unterschied zu erzeugen. Im Falle der Batterie sind dies chemische Vorgänge. Für unseren Netzstrom werden diverse Formen der Energiegewinnung (z.B. Wasserkraft, Windkraft, fossile Brennstoffe,...) benutzt, um eine 230 V Wechselspannung bereitzustellen zu können.

Je größer der Potential-Unterschied an einem homogen leitenden Material ist, desto mehr Strom fließt. Je mehr Ladungsträger pro Zeit durch einen Leiterquerschnitt fließen, desto größer die *Strom-*

stärke. Die Einheit der Stromstärke ist *Ampere* (A). Bei der Stromstärke von 1 Ampere fließt je Sekunde eine *Ladung* von 1 *Coulomb* pro Sekunde durch einen Leiterquerschnitt.

Fließt der Strom mit konstanter Stärke immer in die selbe Richtung so spricht man von *Gleichstrom* (Abkürzung dafür ist DC aus dem Englischen für *direct current*). Wechselt der Strom in gleichen Zeitabständen die Richtung so ist es ein *Wechselstrom* (AC= *alternating current*). In den folgenden Versuchen werden Sie zunächst nur mit Gleichstrom arbeiten.

Je nach Beschaffenheit des Leiters fließt unterschiedlich viel Strom. Es gibt also besser und schlechter stromleitende Materialien.

Im Falle des Wasserstromkreises bedeutet dies: Ist im Rohr irgendein Widerstand eingebaut, der das Fließen des Wassers behindert, so wird in der selben Zeit weniger Wasser fließen.

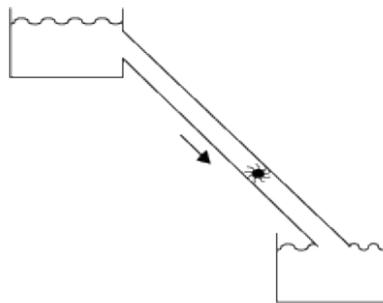


Abbildung 10: Widerstand im Rohr

Genauso verhält es sich mit den Elektronen in Leitern, je leichter die Elektronen sich bewegen können, umso mehr Strom kann fließen. Ist wie in der Abbildung 10 der Widerstand im Rohr eine Turbine so kann man durch diese die Energie nutzen. Im Falle des Stroms kann man durch den Elektronenfluss eine Glühbirne zum Leuchten bringen, also auch die elektrische Energie nutzen.

Bei einer konstanten Spannung kann der Strom je nach Beschaffenheit des Leiters unterschiedlich groß sein. Ihre Aufgabe ist nun anhand der folgenden Experimente physikalische Gesetzmäßigkeiten zu erkennen.

2.3.1 Messungen mit Gleichstrom

Man bezeichnet elektronische Bauteile, deren Funktion in einem Gleichstromkreis darin besteht, einen bestimmten Leitwert zu haben, als Ohm'sche Widerstände. Charakterisiert werden die Widerstände in der Physik, meist nicht mit ihrem Leitwert sondern mit der Einheit des elektrischen Widerstands Ohm (Ω). Je größer der Widerstand, desto kleiner ist der Leitwert, also umso weniger Strom fließt. Sie werden an zwei verschiedenen Ohm'schen Widerständen mit unterschiedlichem Leitwert die gleiche Spannung anlegen und messen wie viel Strom fließt. Dazu benötigen Sie neben Verbindungskabeln ein Digitalmultimeter, eine Spannungsquelle, zwei unterschiedliche bekannte Ohm'sche Widerstände und ein Steckbrett. Diese vier Geräte sind in der Abbildung 11 zu sehen. Ordnen Sie die 4 Begriffe den 4 Fotos zu und beschriften Sie die Abbildung korrekt.

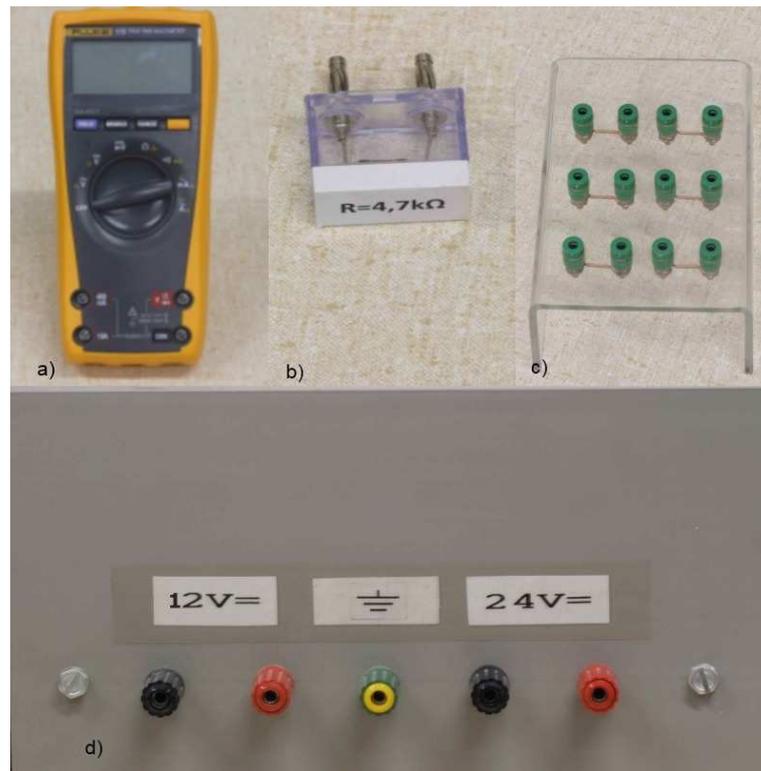


Abbildung 11: benötigte Geräte

a) _____ b) _____ c) _____ d) _____

Die Widerstände sind in Kilo-Ohm ($k\Omega$) beschriftet. ($1\text{ k}\Omega=1000\Omega$) Die Spannungsquelle finden Sie an der Wand bei Ihrem Arbeitsplatz. Die beiden linken Buchsen liefern eine ungefähre Gleichspannung von etwa $U = 12\text{ V}$, die beiden rechten etwa $U = 24\text{ V}$. Die jeweils rote Buchse ist der Pluspol, die schwarze der Minuspol.

Mit dem Digitalmultimeter kann man Gleichstrom und Wechselstrom als auch die zugehörige Spannung messen. Mit dem Drehknopf lässt sich der Messbereich einstellen.

Um elektrische Schaltungen, beschreiben zu können, verwendet man Schaltbilder, in denen die zu benutzenden Bauteile durch Symbole und deren Verbindungen (die Kabel) durch Striche dargestellt werden. (siehe Tabelle 3)

Tabelle 3: Schaltsymbole

Bauteil	Schaltsymbol	Bauteil	Schaltsymbol
Gleichstromquelle		Voltmeter	
Amperemeter		ohmscher Widerstand	
Kabelkreuzung - nicht leitend		Kabelverbindung-leitend (Knoten)	
Wechselstromquelle		Zeichen für Gleichstrom	

Zuallererst müssen Sie genau wissen wie groß die bereitgestellte Spannung ist (die Angabe von 12 V bzw 24 V ist nur ein ungefährer Richtwert). Diese wird mit dem Multimeter gemessen:

- Zuerst stecken Sie das Multimeter wie in der Abbildung 12 an die Spannungsquelle an



Abbildung 12: Messen der Quellenspannung

- Die rote Buchse (Pluspol) der Spannungsquelle verbinden Sie mit der Volt-Buchse des Multimeters. Das Multimeter muss mit der richtigen Polung an die Spannungsquelle angeschlossen werden.
- Die schwarze Buchse (Minuspole) der Spannungsquelle mit der COM-Buchse des Multimeters
- Nun schalten Sie den Drehknopf des Multimeters auf die Gleichstrom-Spannungsmessung wie in Abbildung 13

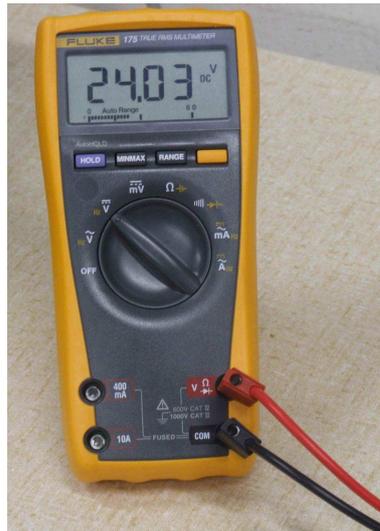


Abbildung 13: Digitalmultimeter misst Gleichspannung

- Notieren Sie sich nun den Wert der Spannung und wiederholen Sie die Messung für die 12 V Spannungsquelle und notieren Sie sich diesen Wert ebenfalls - Sie werden diese beiden Werte für spätere Berechnungen brauchen. (Stecken Sie dazu die Kabel an der Spannungsquelle um! Vergessen Sie nicht die entsprechende Einheit zu notieren!)

$$U_{24V} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$U_{12V} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Die Abbildung 14 zeigt einen einfachen Stromkreis: Von der Spannungsquelle führen zwei Drähte zu einem Widerstand, dessen Leitfähigkeit zu untersuchen ist. Die Verbindungskabel leiten den Strom fast ohne Widerstand, leiten also beinahe unendlich gut.

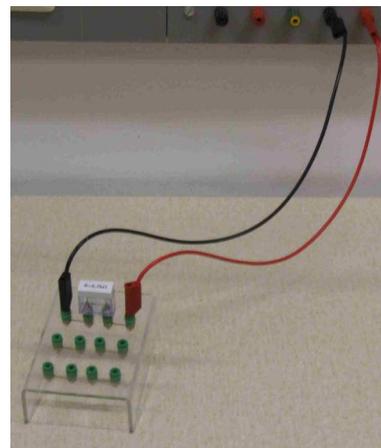
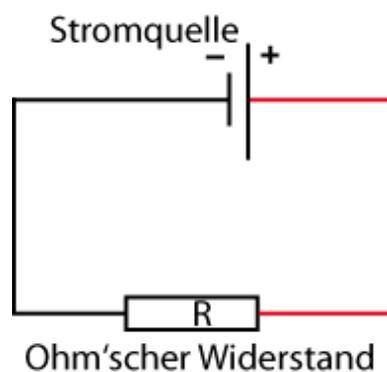


Abbildung 14: einfacher Stromkreis mit zugehörigem Schaltbild

Bauen Sie nun einen Stromkreis entsprechend der Abbildung 14 auf:

- Stecken Sie einen der beiden bekannten Widerstände zwischen zwei nicht verbundene Buchsen auf das Steckbrett und notieren Sie den Widerstandswert R_1 in der Tab. 4 in Spalte 1.
- Schließen Sie den Minuspol der 24 V Stromquelle mit einer Buchse auf dem Steckbrett, die mit dem Widerstand durch Drähte verbunden ist, zusammen.
- Ebenso den Pluspol mit der zweiten Buchse auf dem Steckbrett verbinden

Die elektrische Spannung oder auch Potentialdifferenz zwischen den beiden Polen kann man sich folgendermaßen veranschaulichen: Reibt man einen Glasstab an einem Fell so trennt man durch die Reibung elektrische Ladungen und zwischen den beiden Stoffen (Polen) entsteht eine elektrische Potentialdifferenz. Weiters kann man eine elektrische Potentialdifferenz in der menschlichen Zelle beobachten. Dabei handelt es sich um eine ungleiche Ionenverteilung zwischen der intrazellulären Flüssigkeit und der extrazellulären Flüssigkeit. Die elektrische Potentialdifferenz liegt je nach Zelltyp zwischen 50 und 100 mV ($1V = 1000mV$).

Um nun die Stromstärke messen zu können muss das Digitalmultimeter korrekt in den Stromkreis zugeschaltet werden. Die Abbildung 15 zeigt wie das Multimeter geschaltet werden muss um den Strom zu messen.



Abbildung 15: Digitalmultimeter als Amperemeter

- Den Drehknopf auf mA einstellen, da Sie es mit Stromstärken im Milliamperebereich zu tun haben werden. ($1A = 1000mA$) - Falls man nicht weiß in welchem Amperebereich der zu erwartende Strom liegt, wählt man immer zuerst den größten Bereich.
- Der gelbe Knopf ermöglicht das Umstellen auf Gleichstrom: Drücken Sie so oft den gelben Knopf, bis „DC“ unter der Einheit mA erscheint. (HINWEIS: Nach dem Ausschalten stellt sich das Multimeter immer automatisch auf „AC“ - Wechselstrommessung. Sie müssen daher jedes Mal kontrollieren, ob die richtige Messgröße und Stromart eingestellt ist!)

Da wir im mA-Bereich messen, müssen auch die beiden Eingänge für diesen Messbereich gewählt werden: COM und 400 mA. Dabei ist zu beachten, dass von der roten Buchse der Spannungsquelle kommend zuerst die 400 mA - Buchse des Multimeters angeschlossen werden sollte und die COM-Buchse als Ausgang benutzt wird. Andernfalls zeigt das Multimeter den Stromwert mit einem negativen Vorzeichen an.

Will man die Stromstärke messen, so muss das Multimeter, wie in der Abbildung 16 dargestellt, in den Stromkreis geschaltet werden.

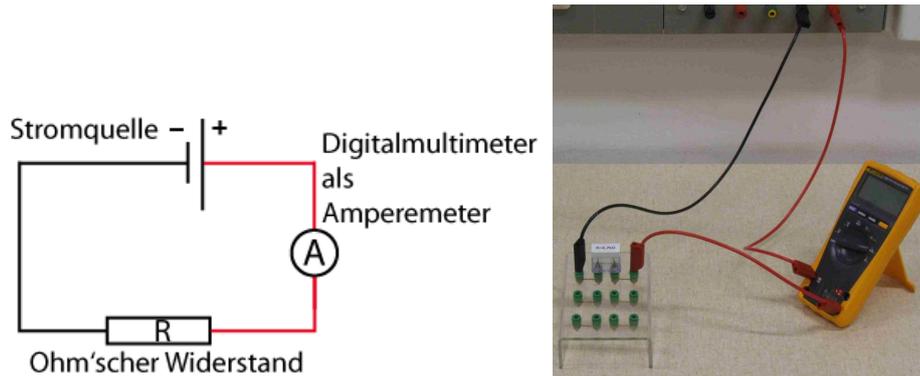


Abbildung 16: Strommessung

- Den roten Ausgang der Stromquelle mit der 400 mA-Buchse des Multimeters verbinden
- Den COM Ausgang des Multimeters mit einem weiteren Kabel wieder mit der Buchse des Steckbretts verbinden

TIPP: Wenn man die Stromstärke messen will, muss es immer möglich sein, in einem Zug **jeden Teil** des Stromkreises mit einem Finger abzufahren, ohne dabei einen Streckenabschnitt **zweimal** zu benützen. Dabei muss man das Amperemeter und den Widerstand passieren. Ist dies der Fall, so sind Multimeter und Widerstand in *Serie* geschaltet.

- Notieren Sie nun die gemessene Stromstärke mit dazugehörigen Einheiten in der Tabelle 4 an der richtigen Stelle:
- Führen Sie die selbe Messung mit dem zweiten Widerstand R_2 durch: Dazu tauschen Sie die beiden Widerstände im Steckbrett aus, tragen den Wert des Widerstandes in der Tab. 4 ein und notieren wieder die gemessene Stromstärke.
- Verändern Sie die angelegte Spannung, indem Sie bei der Spannungsquelle die beiden 12 V Buchsen verwenden.
- Führen Sie die selbe Messung noch einmal mit beiden Widerständen durch und notieren Sie die Werte in Tabelle 2.
- Rechnen Sie die Stromstärken von mA in A um ($1000 \text{ mA} = 1 \text{ A}$, also $1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}$) und tragen Sie die Werte in der dazugehörigen Spalte ein.
- Tragen Sie die beiden zu Beginn dieses Kapitels gemessenen Spannungswerte an den richtigen Stellen ein

- Dividieren Sie nun die Stromstärke in Ampere durch die jeweilige Spannung und tragen Sie die Werte ein.
- Ebenso dividieren Sie nun Spannung durch Stromstärke (in Ampere) und notieren die Werte.

Tabelle 4: Messwerttabelle 1

Widerstand			angelegte Spannung U in V	I in mA	I in A	I/U	U/I
R ₁ =	Ω (=	k Ω)	U _{24V} =				
R ₁ =	Ω (=	k Ω)	U _{12V} =				
R ₂ =	Ω (=	k Ω)	U _{24V} =				
R ₂ =	Ω (=	k Ω)	U _{12V} =				

Wenn Sie richtig gemessen und gerechnet haben, sollten nun die beiden Spalten I/U und U/I für den jeweiligen Widerstand trotz unterschiedlicher Strom und Spannungswerte in etwa gleich bleiben. Diese Werte müssen also eine konstante Eigenschaft des Widerstands sein. Tatsächlich beschreibt I/U den *Leitwert* (Formelzeichen: G, vom englischen *Gate*): Je größer der Wert ist, umso besser leitet der Widerstand. Der Leitwert ist wie der Widerstand abhängig von geometrischen Größen (Länge und Querschnitt des Leiters) und davon, um welches Material es sich handelt. Die physikalische Einheit des Leitwerts ist Siemens (S). $[S] = [A/V]$.

Der Wert U/I ist wie Sie vielleicht bereits erkannt haben identisch mit dem Wert des Widerstands. Wir stellen also fest, dass sich der Widerstand R mit $\frac{U}{I}$ berechnen lässt.

- Der Vollständigkeit wegen tragen Sie in der Tabelle 4 die fehlenden Einheiten von Leitwert und Widerstand nach.

Man kann also, wenn man zwei der vier Größen Spannung, Strom Leitwert und Widerstand kennt, jeweils die Unbekannten durch Umformen der Formeln $U=R \cdot I$ und $G = \frac{1}{R}$ berechnen. Daraus ergibt sich auch: $R = \frac{U}{I}$ und $G = \frac{I}{U}$

Berechnen Sie nun mit diesem Wissen die fehlenden Werte in der Tabelle 5:

Tabelle 5: Das Ohm'sche Gesetz

U	R	I	G
220 V	3000 Ω		
		0.03 A	0.02 S
130 V		5A	

Wenn R konstant bleibt und sich U erhöht dann wird I _____.

Wenn U konstant ist und man legt diese Spannung an zwei verschiedene Widerstände an, so muss bei kleinem R, I _____ sein und bei großem R, I _____ sein.

Wenn R groß ist, dann ist G groß/klein.(Streichen Sie Nichtzutreffendes durch)

Es wäre zu Beginn nicht notwendig gewesen, die Spannungsquelle extra zu messen, sondern es ist auch möglich die Spannung die an den Widerstand angelegt wird, mit dem Multimeter direkt am Widerstand zu messen. Dazu muss das Multimeter jedoch (wieder mit der richtigen Einstellung des Drehknopfes) richtig in den Stromkreis eingebaut werden. Im Gegensatz zu einer Strommessung, bei der Widerstand und Multimeter in Serie geschaltet sind, muss bei einer Spannungsmessung das Multimeter parallel geschaltet (*Parallelschaltung*) werden. Dies veranschaulichen die Abbildung 17.

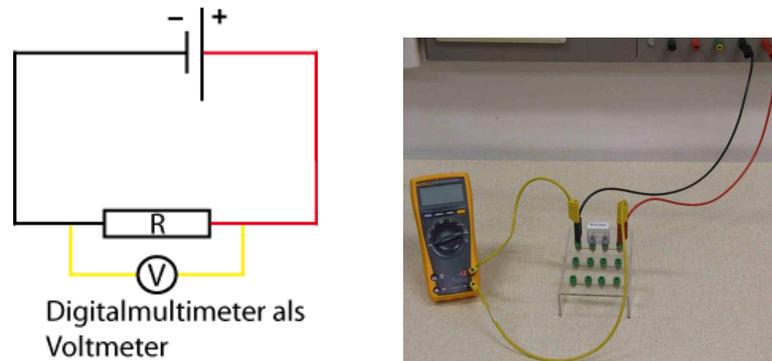


Abbildung 17: Spannungsmessung

In diesem Fall ist es nicht möglich mit einem Finger jeden Teil des Stromkreises abzufahren, ohne dabei einen Streckenabschnitt zweimal zu benützen, sondern man benötigt einen zweiten Finger um vor dem Widerstand zum Multimeter zu gelangen und anschließend nach dem Widerstand wieder zurückzukommen.

In der Praxis misst man Strom und Spannung gleichzeitig mit zwei Multimetern (siehe Abbildung 18).

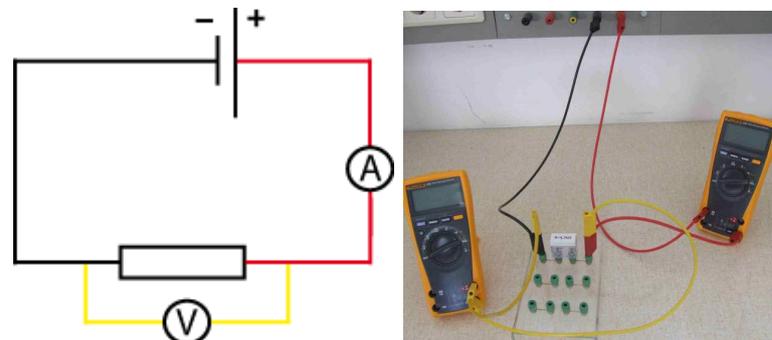


Abbildung 18: Strom- und Spannungsmessung

- Bauen Sie wie in Abbildung 18 eine Schaltung auf in der sowohl Strom als auch Spannung gemessen werden.
- Notieren Sie sich noch einmal die beiden Werte mit Einheiten (bei korrektem Messen sollten die Werte in etwa gleich mit den Obigen sein)

U= _____

I= _____

2.3.2 Die Genauigkeit der Messungen

Vermutlich sind die Werte, die Sie in verschiedenen Schaltungen gemessen haben, zwar sehr ähnlich, aber doch nicht ganz gleich. Ursache der Abweichungen sind die sogenannten *Messfehler*, die grundsätzlich bei jeder Messung auftreten. Das bedeutet, dass der gemessene Wert von dem tatsächlichen, dem sogenannten *wahren Wert* der zu messenden Größe abweicht. Dies wird sehr ausführlich in der Übungseinheit M behandelt.

Digitale Geräte arbeiten mit Zählvorgängen und haben dabei entsprechend ihrer Skalierung Fehler. Es ist nun ihre Aufgabe anhand der Genauigkeit der Messgeräte, die in der Bedienungsanleitung angegeben ist (Tabellen 6 und 7) in den jeweiligen Spalten für die verwendeten Modelle FLUKE 175 oder FLUKE 179, den Fehler der beiden gemessenen Größen zu bestimmen.

Tabelle 6: Fehlerangabe der Bedienungsanleitung

Gleichspannung, 1000 Zählimpulse					
Bereich		Auflösung		Genauigkeit $\pm([\% \text{ des Messwertes}] + [\text{Zählimpulse}])$	
				Modell 175	Modell 179
0,6 V	0,1 mV			$\pm (0,15 \% + 2)$	$\pm (0,09 \% + 2)$
6 V	1 mV			$\pm (0,15 \% + 2)$	$\pm (0,09 \% + 2)$
60 V	10 mV			$\pm (0,15 \% + 2)$	$\pm (0,09 \% + 2)$
600 V	100 mV			$\pm (0,15 \% + 2)$	$\pm (0,09 \% + 2)$
1000 V	1 V			$\pm (0,15 \% + 2)$	$\pm (0,15 \% + 2)$

Tabelle 7: Fehlerangabe der Bedienungsanleitung 2

Gleichstrom, 1000 Zählimpulse					
Bereich		Auflösung		Genauigkeit $\pm([\% \text{ des Messwertes}] + [\text{Zählimpulse}])$	
				Modell 175	Modell 179
60 mA	0,01 mA			$\pm (1 \% + 3)$	$\pm (1 \% + 3)$
400 mA	0,1 mA			$\pm (1 \% + 3)$	$\pm (1 \% + 3)$
6 A	0,001 A			$\pm (1 \% + 3)$	$\pm (1 \% + 3)$
10 A	0,01 A			$\pm (1 \% + 3)$	$\pm (1 \% + 3)$

Für eine Spannung von zum Beispiel 20,14 V ist für das Modell 179 eine Genauigkeit von $\pm(0,09\% + 2 \text{ Zählimpulse})$ angegeben. Das \pm bedeutet, dass der gemessene Wert sowohl zu groß als auch zu klein sein kann. Der tatsächlich Wert kann also in diesem Bereich um die gemessene Größe liegen. Die Abweichung setzt sich direkt aus 0,09 % des Messwerts und 2 Zählimpulsen zusammen. 2 Zählimpulse bedeuten, dass die letzte Ziffer die im Display erscheint um 2 falsch sein kann.

Der Fehler errechnet sich aus 0,09 % von 20,14 V, also $(20,14 \text{ V} \cdot 0,0009 = 0,018126 \text{ V})$ und zwei Zählimpulsen (0,02 V). Es ergibt sich insgesamt ein absoluter Fehler (Formelzeichen dafür: ΔU) von 0,038126. Diesen Wert kann man noch sinnvoll runden, da nicht mehr als die angezeigten Stellen sinnvoll sind.

Achtung: der Fehler darf **nie** abgerundet werden, da sonst eine zu hohe Genauigkeit vorgetäuscht wird, die nicht existiert.

$$U_{bsp} = (20,14 \pm 0,04) \text{ V}$$

Geben Sie für die beiden zuletzt gemessenen Größen wie im obigen Beispiel den gemessenen Wert mit dem *absoluten Fehler* an.

$$U = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$I = \underline{\hspace{10cm}}$$

Berechnen Sie nun auch den *relativen Fehler* der beiden Größen. Der relative Fehler gibt an, wieviel Prozent der Messgröße der absolute Fehler ausmacht. Mit U_{bsp} sieht dies folgendermaßen aus:

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{0,038126}{20,14} = 0,0018930 = 0,2\%$$

Auch so lässt sich der Fehler einer Größe angeben:

$$U_{bsp} = (20,14 \pm 0,2\%) \text{ V}$$

- Geben Sie nun auch Ihre beiden zuletzt gemessenen Resultate in dieser Form an.

$$U = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$I = \underline{\hspace{10cm}}$$

Anmerkung für $\frac{\Delta I}{I}$: Wenn *beide* in *mA* angegeben sind, so müssen Sie vorher nicht in *A* umrechnen, da das Verhältnis gleich bleibt.

Das Endresultat einer Messung sollten Sie aber immer mit dem absoluten Fehler angeben.

Wenn man aus zwei gemessenen Größen eine weitere berechnet, so wie dies der Fall ist wenn man aus Strom und Spannung mit $R=U/I$ den Widerstand berechnet, muss natürlich auch für die berechnete Größe ein Fehler angegeben werden. Dieser Fehler wird mit dem *Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz* errechnet. Es besagt, dass man die beiden relativen Fehler der Einzelgrößen quadrieren muss, sie anschließend addiert und die Wurzel dieser Summe den relativen Fehler der errechneten Größe darstellt.

$$\frac{\Delta R}{R} = \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2} = \underline{\hspace{10cm}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Berechnen Sie nun den relativen Fehler von R und notieren Sie sich den Wert von $R \pm$ seinen relativen Fehler in der selben Art wie im obigen Übungsbeispiel.

$$R = \underline{\hspace{10cm}}$$

Mit dem Wissen des relativen Fehlers kann man dann auch den absoluten Fehler angeben: Anhand eines Beispielwerts sieht dies so aus:

$$U = (20,14 \pm 7,0 \%)V$$

dann ist der absolute Fehler von U sieben Prozent von 20,14, also

$$0,07 \cdot 20,14 = 1,4098 \approx 1,41$$

daher ist

$$U = (20,14 \pm 1,41) V$$

Geben sie abschließend als Endergebnis dieses Teils der Übungseiheit, R mit dem absoluten Fehler an.

$$R = \underline{\hspace{4cm}}$$

2.4 Serienschaltung von Widerständen

In diesem Versuch sollen Sie herausfinden wie sich Stromstärke und Spannung verändern wenn sich mehr als ein Widerstand im Stromkreis befindet. Ein Beispiel für eine komplexe Anordnung von Widerständen ist der menschliche Körper. Körperzellen und Flüssigkeiten im Körper haben unterschiedliche zusammenschaltungen von Widerstandswerten, welche bei einer Messung nicht einzeln bestimmbar sind. Mit Widerstandsmessungen kann man aber viel über die Zusammensetzung eines Systems aus elektrischen Widerständen erfahren. Im Fall des menschlichen Körpers führt man z.B. eine *Bioimpedanz-Analyse* durch.

Sie untersuchen den einfachsten Fall einer Schaltung aus zwei Widerständen, die Serienschaltung (siehe Abbildung 19).

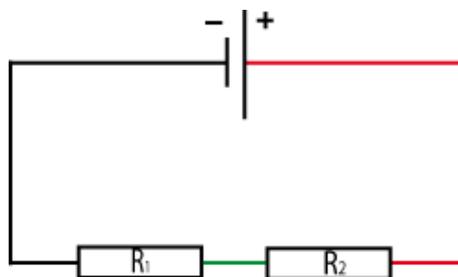


Abbildung 19: Schaltbild einer Serienschaltung

Von der Stromquelle führt ein Kabel zum ersten Widerstand, von diesem eines zum zweiten Widerstand und schließlich zurück zur Stromquelle. Die beiden Widerstände sind in Serie (hintereinander) geschaltet, man spricht von einer *Serienschaltung*. Wie im vorigen Versuch (ein Widerstand war

mit dem Amperemeter in Serie geschaltet) lässt sich nun wieder jeder Teil des Stromkreises mit einem Finger abfahren, ohne dabei einen Streckenabschnitt zweimal zu benützen. Bauen Sie nun eine Serienschaltung wie in Abbildung 20 auf:

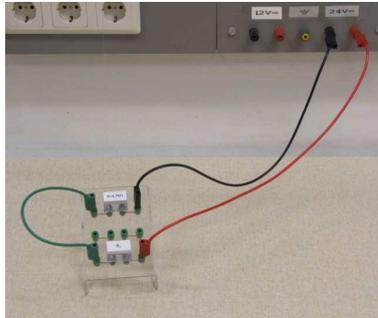


Abbildung 20: Serienschaltung

- Notieren Sie sich die beiden Werte der Widerstände in Ω

$$R_1 = \underline{\hspace{5cm}}$$

$$R_2 = \underline{\hspace{5cm}}$$

- Nun messen Sie die Spannung direkt an den beiden Widerständen durch paralleles Hinzuschalten des Multimeters wie im obigen Versuch:

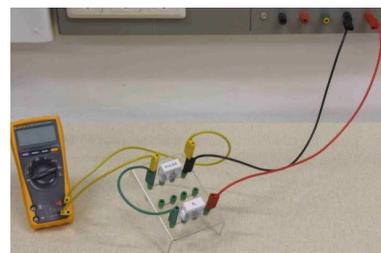
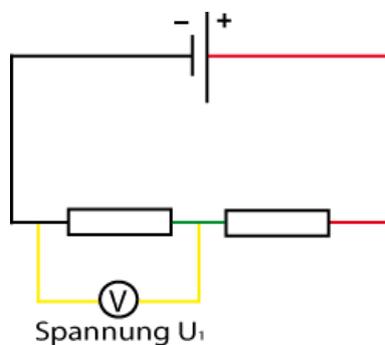


Abbildung 21: Spannungsmessung 1

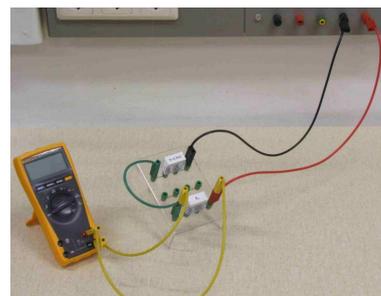
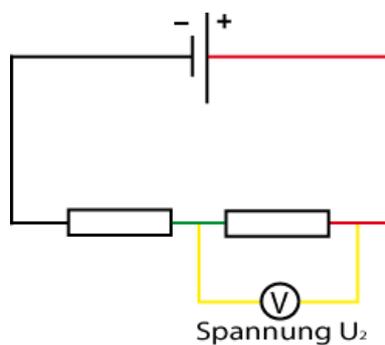


Abbildung 22: Spannungsmessung 2

- Notieren Sie sich die beiden Werte

$$U_1 = \underline{\hspace{10em}}$$

$$U_2 = \underline{\hspace{10em}}$$

- Addieren Sie nun die beiden Teilspannungen

$$U_1 + U_2 = \underline{\hspace{10em}}$$

- Was fällt Ihnen auf?

In welcher Form sich die Ausgangsspannung quantitativ aufteilt hängt von der Größe der einzelnen Widerstände (diese haben Sie vorher schon notiert) ab.

- Dividieren Sie U_1 durch U_2 und R_1 durch R_2 .

$$\frac{U_1}{U_2} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \underline{\hspace{10em}}$$

- Interpretieren Sie das Ergebnis und formulieren Sie dies selbst in wenigen Worten.

Nun sollen Sie auch noch untersuchen wie sich die Stromstärke verhält. Dazu werden Sie mit dem Multimeter an verschiedenen Stellen des Stromkreises messen. Bei der Strommessung wird das Multimeter wieder seriell in den Stromkreis hinzugeschaltet.

- Was für ein Ergebnis vermuten Sie?

Messen Sie die Stromstärke sowohl vor, zwischen als auch nach den beiden Widerständen und notieren sie sich die Werte:

$$I_1 = \underline{\hspace{10em}}$$

$$I_2 = \underline{\hspace{10em}}$$

$$I_3 = \underline{\hspace{10em}}$$

In der Abbildung 23 wird der Strom vor den beiden Widerständen gemessen:

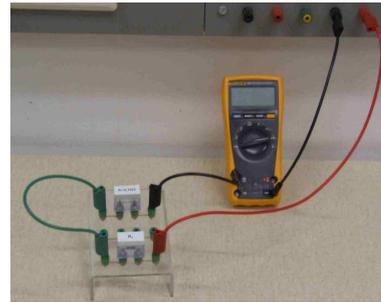
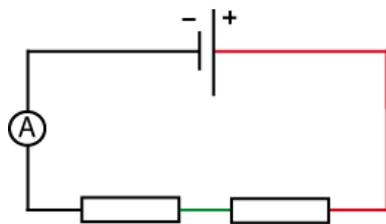


Abbildung 23: Strommessung 1

In der Abbildung 24 wird der Strom zwischen den beiden Widerständen gemessen:

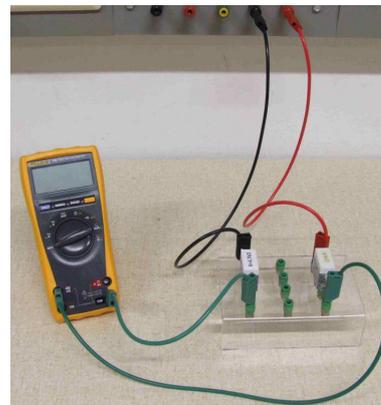
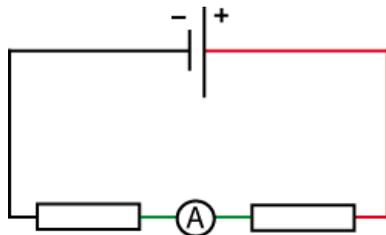


Abbildung 24: Strommessung 2

Versuchen Sie zu begründen warum es gar nicht möglich sein kann, dass in einem solchen Stromkreis an einer Stelle mehr Strom als an einer anderen Stelle fließen kann. Tipp: Denken Sie dabei an den Wasserstromkreis. Wäre es in einem geschlossenen Wasserstromkreis möglich, dass an einer Stelle mehr Wasser als an einer anderen Stelle fließt?

Betrachten Sie sowohl die beiden Widerstände als einen Gesamtwiderstand, als auch die beiden Teilspannungen als Gesamtspannung, indem sie jeweils die beiden Werte addieren.

$$R_{Ges} = R_1 + R_2 = \underline{\hspace{10em}}$$

$$U_{Ges} = U_1 + U_2 = \underline{\hspace{10em}}$$

Berechnen Sie nun:

$$I = U_{Ges} / R_{Ges} = \underline{\hspace{10em}}$$

Was stellen Sie fest? Vergleichen Sie mit Ihrer vorangegangenen Vermutung.

Formulieren Sie abschließend wie sich in der Serienschaltung der Gesamtstrom zu den Teilströmen, die Gesamtspannung zu den Teilspannungen, die Gesamtwiderstände zu den Teilwiderständen und sich Gesamtstrom zu Gesamtwiderstand verhalten.

2.5 Leitwert eines Elektrolyts

Im ersten Teil dieser Einheit haben Sie an einen Ohm'schen Widerstand eine Spannung angelegt. Wie Sie bereits wissen, gilt das Ohm'sche Gesetz $R = U/I$. Mit einer einfachen Strom- und Spannungsmessung ist es möglich den Widerstand und somit auch den *Leitwert* eines Leiters zu berechnen. In diesem Teil sollen Sie anstatt des Leitwerts eines elektrischen Bauteils, jenen einer Flüssigkeit untersuchen. Da es sich bei den Widerständen des menschlichen Körpers größtenteils um Flüssigkeiten handelt, ist dies ein weiterer Schritt die Funktionsweise der Bioimpedanz-Analyse zu erfassen. Doch auch ein Teil der Trinkwasseranalyse beruht auf Widerstandsmessungen einer Flüssigkeit. Dazu werden Sie einen einfachen Stromkreis aufbauen und Spannung an die Flüssigkeit anlegen. Sie werden den Widerstand einer einprozentigen *Kochsalzlösung* bestimmen.

Als Spannungsquelle dient nun ein *Funktionsgenerator* (Abbildung 25), da im Gegensatz zu den vorigen Experimenten jetzt mit Wechselstrom gearbeitet wird.



Abbildung 25: Funktionsgenerator

Wie bereits zu Beginn der Einheit erklärt wurde, ändert sich beim Anlegen einer Wechselspannung die Stromrichtung in regelmäßigen Zeitabständen. Wie oft dies pro Sekunde geschieht, gibt die Frequenz mit der Einheit Hertz ($1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$) an. (z.B. bei einer Frequenz von 50 Hz ändert der Strom 50 mal in der Sekunde seine Richtung). Die Wechselspannung hat jedoch weder Einfluss auf das Ohm'sche Gesetz noch den restlichen Versuchsaufbau¹. Der Grund dafür, dass nun mit Wechselstrom gearbeitet werden muss ist, dass an den Elektroden chemische Veränderungen des Elektrolyts eintreten können, die sich teils als Konzentrationsänderungen teils in Form von *Polarisationsspannungen* bemerkbar machen. Man arbeitet deshalb nicht mit Gleichstrom, sondern mit Wechselstrom, wodurch diese Veränderungen unterdrückt werden.

Sie werden nur den linken Teil des Funktionsgenerators benötigen. (Abbildung 26)



Abbildung 26: Funktionsgenerator 2

Nachdem Sie das Netzkabel des Funktionsgenerators angesteckt haben, schalten Sie diesen mit dem roten Knopf in der Mitte ein.

Nun können Sie mit dem großen Frequency-Drehknopf die Frequenz auf 50 Hz einstellen. Die Tasten 50 mHz und 10 MHz darunter ermöglichen das Ändern des Frequenzbereichs, welcher rechts neben dem Display angezeigt wird. Die Function-Taste ermöglicht die Wahl der Betriebsart, diese sollte wie in Abbildung 26 auf *Sinus* gestellt sein. Die Tasten Sweep, Attenuator und On/Off (diese Taste würde den Drehknopf rechts davon aktivieren, welcher aber nicht gebraucht wird) sollten **nicht** gedrückt sein. Somit bleibt nur noch rechts oben der Amplitude-Drehknopf über, welcher die Höhe der Spannung regelt.

Verbinden Sie wie in Abbildung 27 den Frequenzgenerator mit einem Multimeter mittels eines sogenannten Koaxialkabels. Beachten Sie, dass das Multimeter nun Wechselspannung zu messen hat und stellen Sie den Drehknopf des Multimeters richtig ein. Verändern Sie die Spannung mit dem Amplitude-Drehknopf am Frequenzgenerator bis Sie in etwa eine Spannung von 2 V eingestellt haben.

¹Das gilt nur bei niedrigen Frequenzen. Wie sich Widerstände bei Wechselspannungen mit höheren Frequenzen verhalten, erfahren Sie im Übungsbeispiel W (Wechselstrom)



Abbildung 27: Einstellen der Spannung

Weiters benötigen Sie für den Versuch zwei Krokodilklemmen, zwei Kupferelektroden und die dafür vorgesehene Wanne. (Abbildung 28)

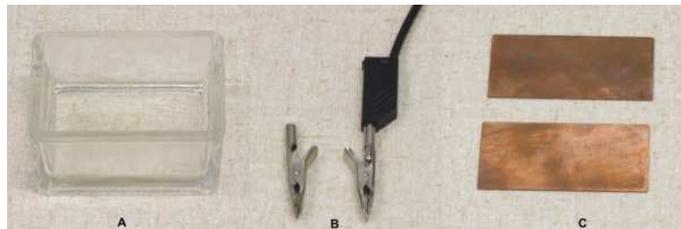


Abbildung 28: A) Wanne, B) Krokodilklemmen, C) Kupferelektroden

Der Stromkreis ohne Messgeräte ist in Abbildung 29 dargestellt. Die Krokodilklemmen sind die Verbindung von Kabel und Elektroden. Die Elektroden sind die Verbindung mit dem *Elektrolyt*.

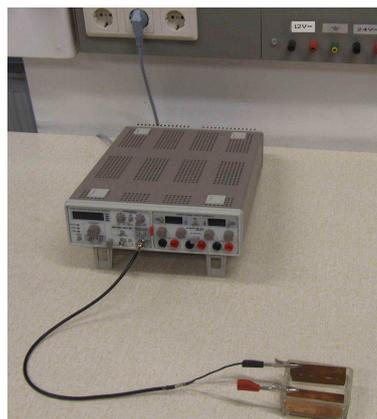
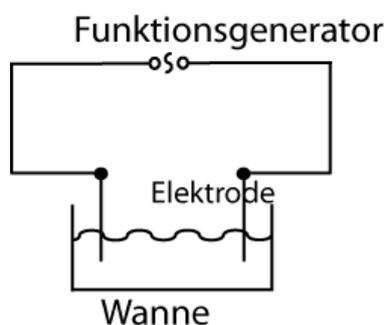


Abbildung 29: Einstellen der Spannung

Je nach Kochsalzkonzentration und wie nahe die Elektroden voneinander entfernt sind kann man im Gegensatz zum ersten Versuch den Querschnitt beziehungsweise die Länge des zu untersuchenden Widerstands (=Elektrolyt) verändern. Je mehr Flüssigkeit sich im Becken befindet umso größer ist der Querschnitt des Leiters und je weiter die Elektroden von einander entfernt sind, desto länger wird der Leiter. Somit können Sie untersuchen, wie sich der Leitwert mit veränderten geometrischen

Eigenschaften verhält. (Bei der Bioimpedanz-Analyse wird der Widerstand des menschlichen Körpers, welcher ebenfalls unterschiedliche 'Länge' und 'Querschnittsflächen' aufweist, gemessen.)

Um Spannung und Strom messen zu können bauen, Sie die beiden Multimeter wie in Abbildung 30 in den Stromkreis ein. Achten Sie auf korrekte Messbereichswahl der Multimeter.

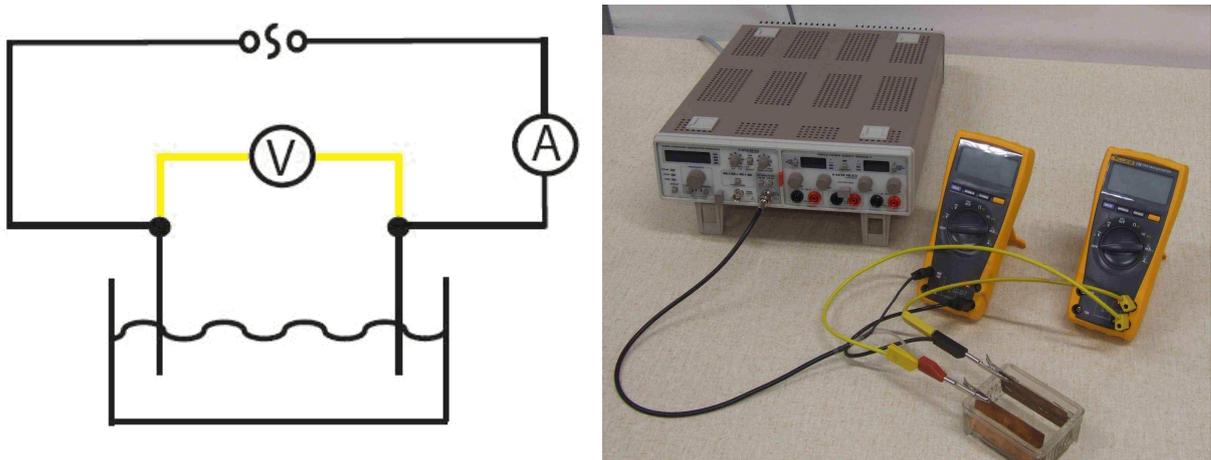


Abbildung 30: Messen von Strom und Spannung

Nun fehlt nur noch das Elektrolyt in der Wanne um den Stromkreis zu schließen. Dieses erhalten Sie von Ihrem Betreuer. Füllen Sie die Wanne nur bis zum ersten Strich voll.

Ihre Aufgabe ist bei verschiedenen Abständen der Elektroden (mit Lineal, mindestens 5 verschiedene) Strom und Spannung zu messen und die drei Werte Elektrodenabstand, Stromstärke und Spannung in der Tabelle 8 zu notieren. Tragen Sie aber die Grundeinheiten von Strom und Spannung ein, da Sie daraus anschließend Widerstand und Leitwert berechnen wollen.

Achten Sie darauf, dass die beiden Elektroden **parallel** zu einander stehen, da sonst der Plattenabstand nicht konstant ist.

Tabelle 8: Messwerttabelle für Elektrolyt Strich 1

Abstand (mm)	Spannung (V)	Stromstärke (A)	Widerstand (Ω)	Leitwert (S)

Berechnen Sie Widerstand und Leitwert und tragen Sie die Werte in der Tabelle 8 ein und interpretieren Sie das Ergebnis. Wie verändern sich die beiden Größen mit dem Abstand?

Füllen Sie die Wanne bis zum zweiten Strich voll und wiederholen Sie das Experiment. In der Tabelle 9 können Sie wieder Ihre Messwerte eintragen. (Es ist nicht notwendig, dass die Elektroden wieder exakt diesselben Abstände wie zuvor haben.) Der zweite Strich ist so gezeichnet, dass sich die Querschnittsfläche verdoppelt.

Tabelle 9: Messwerttabelle für Elektrolyt mit doppelter Querschnittsfläche bei Strich 2

Abstand (mm)	Spannung (V)	Stromstärke (A)	Widerstand (Ω)	Leitwert (S)

Vergleichen und interpretieren Sie die Ergebnisse für die beiden verschiedenen Querschnittsflächen.

Wenn die beiden Platten in etwa denselben Abstand haben und sich nur der Querschnitt verdoppelt, so _____ der Leitwert.

Wenn die beiden Platten in etwa denselben Abstand haben und sich nur der Querschnitt verdoppelt, so _____ der Widerstand.

2.6 Bestimmung der spezifischen Leitfähigkeit

In der Nachbereitung werden Sie anhand Ihrer Messungen die *spezifische Leitfähigkeit* (Einheit : $[\sigma] = [S/m]$) des Elektrolyts berechnen. Um einen Vergleichswert zu haben, lässt sich die spezifische Leitfähigkeit auch mit einem Leitfähigkeitsmessgerät (Abbildung 31) bestimmen. Dieses misst nach dem gleichen Prinzip wie Ihr Versuchsaufbau.

Entfernen Sie die Elektrodenschutzkappe und schalten Sie das Gerät ein, dann tauchen Sie das Gerät wie in Abbildung 31, möglichst tief in das Elektrolyt ein und warten bis die Anzeige stabil ist.



Abbildung 31: Leitfähigkeitsmessung

Notieren Sie den Wert, welcher direkt in mS/cm angezeigt wird.

$\sigma =$ _____

2.7 Parallelschaltung - FREIWILLIG

Bisher haben Sie sich nur mit der Serienschaltung befasst. Sowohl in der Technik als auch bei der Charakterisierung von lebendem Gewebe ist die *Parallelschaltung* von Widerständen von herausragender Bedeutung. In diesem Kapitel können Sie untersuchen wie sich Strom und Spannung verhalten, wenn die Widerstände parallel in den Stromkreis geschaltet werden.

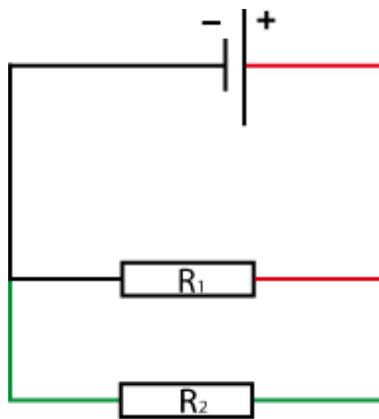


Abbildung 32: Schaltbild einer Parallelschaltung

Mehrere an einer Verteilerdose angeschlossene Verbraucher sind parallel geschaltete Widerstände.

Um ein Bild davon zu bekommen welche Ströme fließen und wo welche Spannung abfällt müssen Sie alle unbekanntes Größen messen. Zeichnen Sie sich in [Abbildung 32](#) alle Möglichkeiten ein, wo Sie mit dem Multimeter Strom und Spannung messen könnten.

- Bauen Sie eine Parallelschaltung so wie sie in [Abbildung 33](#) dargestellt wird nach.

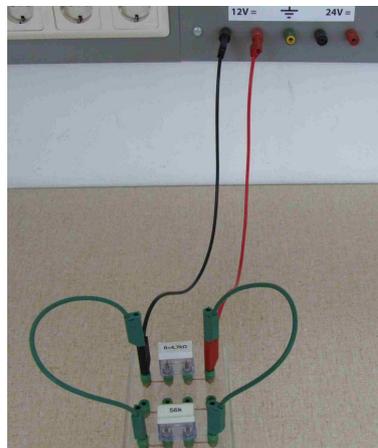


Abbildung 33: Parallelschaltung

- Zuerst messen Sie die Spannung an den beiden Widerständen wie dies in den Abbildung 34 und 35 gezeigt wird.

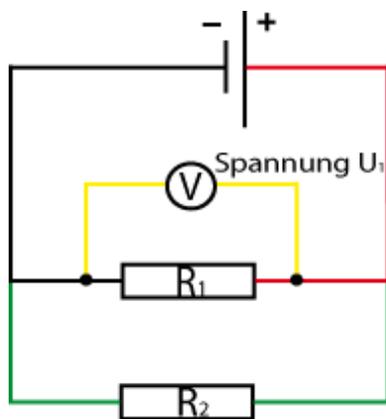


Abbildung 34: Spannungsmessung 1

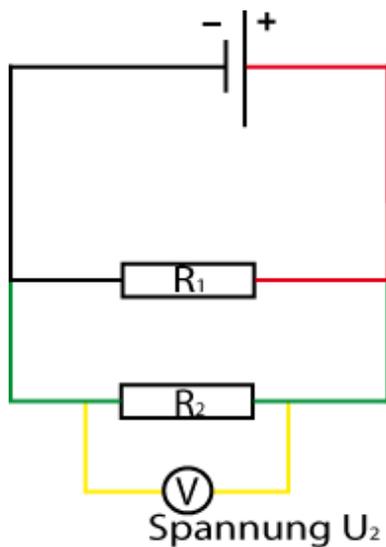


Abbildung 35: Spannungsmessung 2

$$U_1 = \underline{\hspace{10em}}$$

$$U_2 = \underline{\hspace{10em}}$$

Was stellen Sie fest?

Wenn dieselbe Spannung anliegt und die beiden Widerstände unterschiedlich groß sind, so müssen verschieden große Ströme durch die beiden Widerstände fließen. Denn wie Sie bereits wissen gilt das physikalische Gesetz $I=U/R$. Diese Annahme lässt sich auch ganz einfach mit der Vorstellung der

fließenden Elektronen festigen: Die Elektronen die zum Knoten (das ist die Stelle im Schaltkreis, an der sich zwei oder mehrere Leitungsdrähte kreuzen) kommen können sich nicht plötzlich verdoppeln, sondern sich nur in einem gewissen Verhältnis auf die beiden Teilströme aufteilen. Je nachdem wie sich die Widerstände zueinander verhalten, wird ein Teilstrom größer sein als der andere.

Berechnen Sie nun mit $I=U/R$ die beiden Teilströme und den Gesamtstrom.

$$I_1=U_1/R_1=_____$$

$$I_2=U_2/R_2=_____$$

$$I_{Ges-berechnet}=I_1+I_2=_____$$

Wenn die Annahme stimmt, dann sollten sich die beiden Teilströme zum Gesamtstrom addieren. Um den Strom vor dem Knoten messen zu können müssen Sie so wie in Abbildung 36 noch vor dem Knoten das Multimeter seriell in den Stromkreis einbauen. Dazu muss von der Stromquelle ein Kabel zum Multimeter verlaufen und erst danach kann sich der Strom aufteilen.

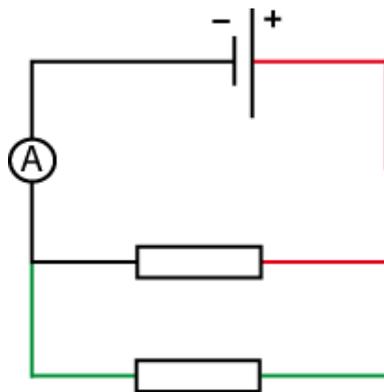


Abbildung 36: Gesamtstrommessung

Notieren Sie den gemessenen Wert und vergleichen Sie diesen mit dem Berechneten.

$$I_{Ges-gemessen}=_____$$

Interpretieren Sie das Ergebnis.

Weiters bestätigt

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = _____$$

die obige Annahme, wonach die beiden Widerstände dafür verantwortlich sind, in welchem Verhältnis sich der Gesamtstrom aufteilt.

2.8 Nachbereitung und Vertiefung

2.8.1 Elektrische Grundlagen

In diesem Kapitel werden noch einmal alle wichtigen Begriffe zur Elektrizität wiederholt und vertieft.

Ladung und Strom

Die Voraussetzung, dass überhaupt Strom fließen kann, ist das Auftreten von beweglicher elektrischer Ladungen (Q). Die Einheit der Ladung ist *Coulomb* (C). Die elektrische Ladung ist eine Eigenschaft der Materie. Sie tritt nur als ein ganzzahliges Vielfaches der elektrischen Elementarladung e auf. ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C).

Das wichtigste Beispiel für einen Ladungsträger ist das Elektron, es besitzt genau die negative Elementarladung (also $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C). Es wird deshalb als einfach negativ geladen bezeichnet. Weitere Ladungsträger sind *Ionen*. Sie können einfach oder mehrfach positiv oder negativ geladen sein. Löst sich zum Beispiel das elektrisch neutrale Kochsalz (NaCl) in Wasser auf, dann entstehen positiv geladene Na^+ -Ionen und negativ geladene Cl^- -Ionen. Beim negativ geladenen Cl^- -Ion ist ein Elektron mehr vorhanden als beim neutral geladenen Cl-Ion, beim Na^+ ist eines zu wenig vorhanden. Der elektrische Strom (I) ist der Transport der Ladungsträger. Je nachdem wieviel Ladung ΔQ pro Zeit Δt durch einen Querschnitt fließt ist die Stromstärke größer oder kleiner. Dies lässt sich mit folgender Formel beschreiben.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Die Änderung der Ladung pro Zeit ist die Stromstärke.

Daraus lässt sich auch auf die Einheit der Stromstärke schließen: 1 Ampere (A) heißt, dass die Ladung von 1 Coulomb (C) pro Sekunde durch den Querschnitt fließt.

$$[I] = \frac{[Q]}{[t]} = \frac{C}{s} = A$$

- Wenn also 500 000 000 einfach geladene Ionen in einer Sekunde fließen, wieviel Strom fließt dann?

Elektrische Leiter

Metalle bestehen aus positiv geladenen Atomrümpfen und frei beweglichen Elektronen, insgesamt ist die Ladung jedoch neutral. Der Ladungstransport in Metallen geschieht durch die frei beweglichen Elektronen. In einem Elektrolyt sind positiv und negativ geladene gelöste frei bewegliche Ionen vorhanden. Beim Anlegen einer Spannung bewegen sich die positiven und negativen Ladungsträger in die jeweils entgegengesetzte Richtung, somit fließt Strom.

Ein positiv geladenes Teilchen wird von einem positiv geladenen Ort abgestoßen und von einem negativ geladenen Ort angezogen. Für eine negative Ladung ist es genau umgekehrt. Der Grund

dafür ist ein energetischer: Jedes System strebt den Zustand der niedrigsten potentiellen Energie an. (Wasser fließt nach unten, eine Kugel in einer Mulde liegt in der Mitte und nicht am Rand, da dort die niedrigste potentielle Energie ist).

Ein Ladungsträger kann also seine potentielle elektrische Energie senken wenn er sich zum Ort entgegengesetzter Ladung bewegt. Bewegt sich ein Ladungsträger also von Ort A nach Ort B dann senkt er seine Energie um genau die Differenz der potentiellen Energie der beiden Orte. Dies ist wieder ein direktes Analogon zum Wasserstromkreis, der zu Beginn der Einheit besprochen wurde. Das Wasser fließt nach unten, da das tiefer gelegene Becken eine niedrigere potentielle Energie hat. Ein Potentialunterschied ist also die Ursache für die Bewegung der Ladungsträger. Die Differenz der potentiellen Elektrischen Energie die zwischen zwei Punkten pro Ladung besteht ist die Spannung (U). Die Einheit der Spannung ist Volt (V).

Die Energie, die Ladungsträger verlieren, wird zunächst in kinetische Energie (Bewegungsenergie) umgewandelt und aufgrund innerer Reibung auch in Wärme. Wenn durch den Stromfluss ein elektrisches Gerät angetrieben wird, so wird die elektrische Energie in andere Energieformen umgesetzt. Jene Energie, die beim Durchlaufen von den Ladungsträgern abgegeben wird muss gleich der Potentialdifferenz, also der Spannung sein. Deshalb spricht man vom Spannungsabfall längs eines Leiters oder eines Widerstands.

Die elektrische Arbeit pro Zeit ist die Leistung die 'erbracht' wird. Die elektrische Leistung (P) ist das Produkt aus Strom und Spannung. Die Einheit ist Watt (W).

$$P = U \cdot I$$

Je nach Leiter fließt bei einer angelegten Spannung unterschiedlich viel Strom. Der elektrische Leitwert (G) gibt an welche Stromstärke je 1 V angelegter Spannung auftritt.

$$G = \frac{I}{U}$$

Die Einheit ist Siemens (S).

$$[G] = \frac{[I]}{[U]} = \frac{A}{V} = S$$

Der Kehrwert des Leitwerts ist der elektrische Widerstand (R).

$$R = \frac{1}{G} = \frac{U}{I}$$

Die Einheit des Widerstands ist Ohm (Ω).

$$[R] = \frac{1}{[G]} = \frac{V}{A} = \Omega$$

Ein Leiter bei dem der Widerstand und damit auch der Leitwert unabhängig von der Stromstärke und Stromrichtung konstant bleibt, nennt man Ohm'schen Widerstand. Für Ohm'sche Widerstände gilt das von Ihnen bereits experimentell untersuchte Ohm'sche Gesetz:

$$U = R \cdot I = \frac{I}{G}$$

oder auch umgeformt:

$$I = G \cdot U$$

Elektrische Widerstände

Unter einem Widerstand versteht man jeden Teil des Stromkreises an dem Spannung abfällt. Elektronen (oder andere Ladungsträger), die durch einen Leiter fließen, werden an Widerständen gebremst. Dieser Bremsvorgang verbraucht Energie. Daher spricht man auch oft von *Verbrauchern*, wenn man Widerstände meint.²

In elektrischen Schaltungen werden oft elektrische Widerstände wie in Abbildung 37 benötigt. Dies sind zumeist Keramikkörper mit einer Beschichtung und Anschlussdrähten. Jedoch kann auch eine Glühlampe (Die Glühwendel gibt die elektrische Energie in Form von Wärmestrahlung und Licht ab - siehe Abbildung 37) genauso ein Widerstand sein wie etwa ein Elektromotor.

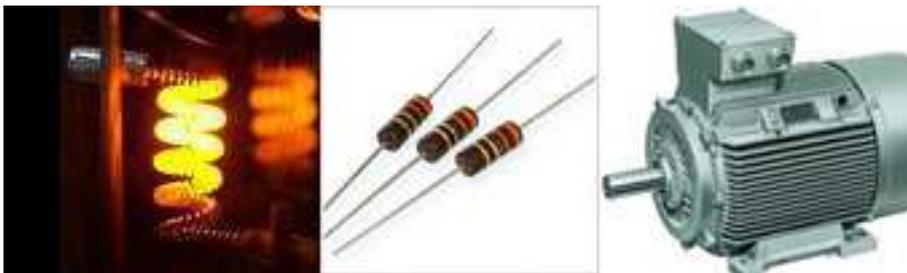


Abbildung 37: Beispiele verschiedener Verbraucher und Widerstände

Serienschaltung

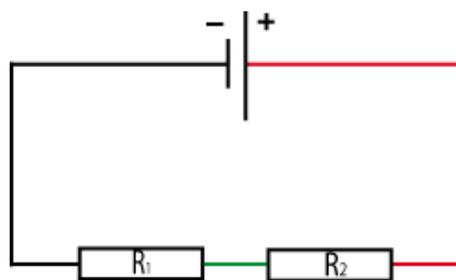


Abbildung 38: Schaltbild einer Serienschaltung

Schaltet man zwei Widerstände in Serie so müssen sie vom gleichen Strom durchflossen werden, da sich die Ladung nirgendwo anhäufen oder verschwinden kann.

Mit dem Ohm'schen Gesetz lassen sich die beiden Spannungen an den beiden bekannten Widerständen berechnen.

²Im Alltag spricht man oft von *Stromverbrauch* in Zusammenhang mit Verbrauchern - also Widerständen. Gemeint ist hier jedoch der Verbrauch an elektrischer Energie und niemals ein „Verbrauch“ von Ladungsträgern.

$$U_1 = R_1 \cdot I$$

$$U_2 = R_2 \cdot I$$

Die Spannung die an beiden Widerständen insgesamt abfällt, muss gleich groß der Quellenspannung sein.

$$U_1 + U_2 = U_Q$$

Sieht man die beiden Widerstände als einen gesamten einzelnen Ohm'schen Widerstand R_{Ges} an,

$$R_1 + R_2 = R_{Ges}$$

dann gilt

$$U_Q = R_{Ges} \cdot I.$$

Der Gesamtwiderstand der Serienschaltung ist gleich der Summe der Teilwiderstände und die Quellenspannung ist gleich groß wie die Summe aller Teilspannungen an den Verbrauchern.

Dieses Gesetz ist auch für mehr als zwei in Serie geschaltete Widerstände gültig.

Parallelschaltung

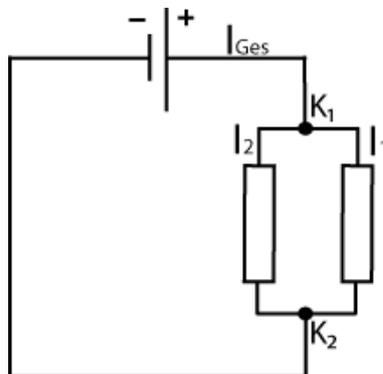


Abbildung 39: Schaltbild einer Parallelschaltung

Bei der Parallelschaltung werden die beiden Widerstände nicht hintereinander in den Stromkreis eingebaut, sondern nebeneinander. Der Strom der von der Spannungsquelle kommt wird im Knoten K_1 auf zwei Kabel aufgeteilt, welche anschließend beide zu einem Widerstand führen. Nach dem Widerstand werden die beiden Kabel wieder im Knoten K_2 vereint und es läuft nur noch ein Kabel zurück zur Stromquelle.

Die Teilströme, die zu den einzelnen Widerständen führen, addieren sich zum Gesamtstrom.

$$I_1 + I_2 = I_{Ges}$$

An parallel geschalteten Verbrauchern liegt die gleiche Spannung, nämlich die Quellenspannung.

Wenn man nun auf die Teilströme das Ohm'sche Gesetz anwendet, so erhält man

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{U_Q}{R_1} \\ I_2 &= \frac{U_Q}{R_2} \\ I_1 + I_2 &= \frac{U_Q}{R_1} + \frac{U_Q}{R_2} = U_Q \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \end{aligned}$$

dies bedeutet für den Gesamtwiderstand der Parallelschaltung

$$\frac{1}{R_{Ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Der Kehrwert des Gesamtwiderstands einer Parallelschaltung von Widerständen ist gleich der Summe der Kehrwerte der einzelnen Widerstände. Da der Leitwert genau der Kehrwert des Widerstand ist, ergibt sich folgende Formel.

$$G_{Ges} = G_1 + G_2$$

Diese Regel gilt so wie bei der Serienschaltung nicht nur für zwei Widerstände, sondern für beliebig viele.

- Wenn zwei vorgegebene Widerstände in eine Schaltung eingebaut werden sollen und der Gesamtwiderstand möglichst klein sein soll, wie würden Sie die Widerstände einbauen? Begründen Sie Ihre Antwort.

Schaltung der Messgeräte

In diesem Kapitel soll kurz geklärt werden, warum man das Digitalmultimeter, je nach Betriebsart, unterschiedlich schalten muss und welche Eigenschaft das Messgerät dabei aufweisen muss.

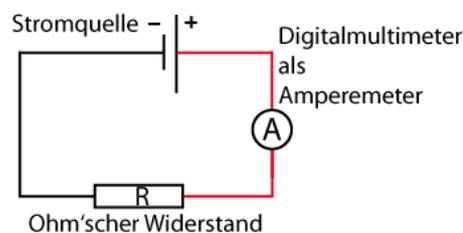


Abbildung 40: Strommessung

Um Strom zu messen wird das Multimeter **in Serie** geschaltet. Wie Sie bereits wissen, fließt durch zwei oder mehr seriell geschaltete Widerstände der gleiche Strom, daher wird auch das in Serie geschaltete Multimeter vom gleichen Strom durchflossen. Das Amperemeter misst die Anzahl der

Ladungsträger pro Sekunde, deshalb müssen die Ladungsträger durch das Gerät fließen.

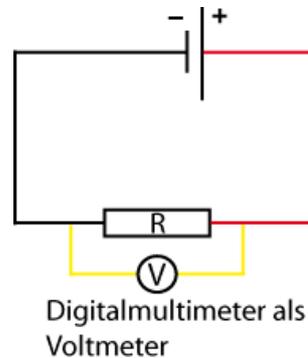


Abbildung 41: Spannungsmessung

Um die Spannung an einem Widerstand zu messen wird das Multimeter parallel geschaltet. Da bei parallel geschalteten Widerständen dieselbe Spannung abfällt, liegt auch am Multimeter dieselbe Spannung wie am zu messenden Widerstand. Das Voltmeter misst den Spannungsabfall zwischen zwei Punkten im Stromkreis, deshalb muss es mit den beiden Anschlüssen des zu messenden Widerstands verbunden sein.

Digitalmultimeter sind in erster Linie Spannungsmesser. Die angelegte Spannung wird mit einer vom Gerät selbst erzeugten, für den Benutzer nicht sichtbaren Spannung, die sich ständig schrittweise erhöht verglichen. Diese Spannung wird als *eingebaute Spannung* bezeichnet. Wenn das Signal gleich groß ist wie die eingebaute Spannung, dann wird der momentane Zustand der eingebauten Spannung registriert und im Display angezeigt. Da sich die eingebaute Spannung nur schrittweise erhöht ist der tatsächliche Wert prinzipiell immer zwischen zwei Schritten der eingebauten Spannung. Der Wert ist also immer um einen kleinen Betrag verschieden. Die letzte Ziffer der Anzeige ist immer fehlerbehaftet. (siehe Tabellen 6 und 7). Durch Parallelschalten von geeigneten Eingangswiderständen (dies passiert mit dem Verstellen des Messfunktionsreglers) ist es möglich, dass das Multimeter auch die Stromstärke misst.

2.8.2 Leitwert des Elektrolyts

Sie haben den Leitwert und damit auch den Widerstand eines Elektrolyts bei verschiedenen geometrischen Gegebenheiten bestimmt. Dabei haben Sie festgestellt, dass der Widerstand mit der Länge des Elektrodenabstands, also auch der 'Länge' des Elektrolyts, größer wird. Hingegen bei größerem Querschnitt des Elektrolyts verringert sich der Widerstand. (Der Widerstand ist auch temperaturabhängig, jedoch können Sie dies im Folgenden unberücksichtigt lassen, da Sie bei konstanter Temperatur arbeiten.)

Nun untersuchen Sie die gemessenen Werte aus den Tabellen 8 und 9 noch einmal genauer. Dazu werden die gemessenen Werte auf lineare Zusammenhänge untersucht.

- Zeichnen Sie in die Abbildung 43 ein Achsenkreuz (so wie in Abbildung 42)

- Beschriften Sie die Achsen. Die x-Achse soll den Elektrodenabstand und die y-Achse den zugehörigen Widerstandswert anzeigen.

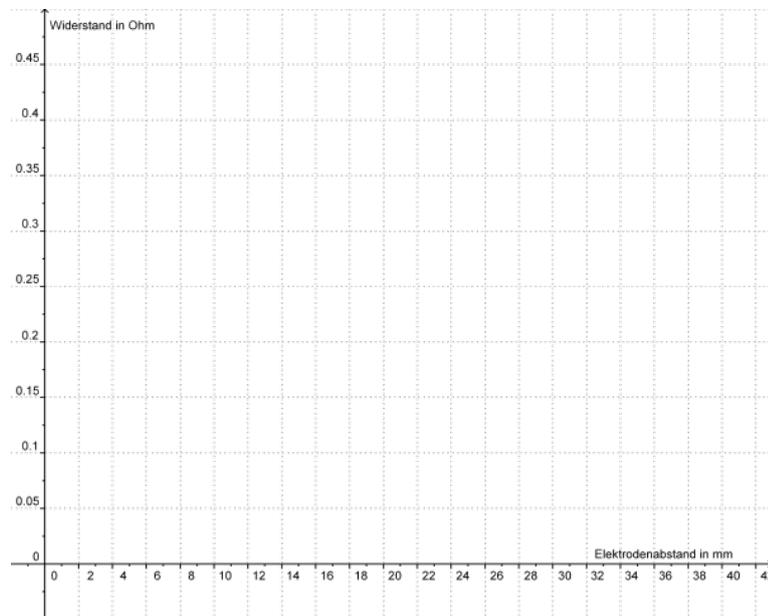


Abbildung 42: Achsenkreuz mit Beschriftung

- Achten Sie bei der Wahl der Skalierung, dass Sie alle Elektrodenabstände und Widerstandswerte der Messwerttabellen 8 und 9 einzeichnen können - die Abbildung 42 ist nur ein Beispiel - achten Sie darauf, dass die Skala Ihren Messwerten angepasst ist!
- Zeichnen Sie die Datenpunkte in Ihrem Diagramm ein.
- Ziehen Sie eine Gerade, welche nach Augenmaß minimalen Abstand zu allen Punkten hat und auch die y-Achse schneidet.

Durch das Verlängern der Gerade bis zur y-Achse kann der Widerstand des Aufbaus bei Elektrodenabstand 0 cm abgelesen werden. Falls der Widerstand beim Plattenabstand von 0 cm nicht (näherungsweise) 0 Ohm beträgt, dann haben Sie den Widerstand der Kontakte und Elektroden mit gemessen (denn bei Abstand 0 wäre kein Elektrolyt zwischen den Platten). Das ist vor allem bei bereits leicht korrodierten Elektroden der Fall.

Hat Ihre Messung einen solchen konstanten Widerstand ergeben, müssen Sie diesen von den gemessenen Werten **subtrahieren**, um den *reinen Elektrolytwiderstand* zu erhalten. Ist das nicht der Fall, überspringen Sie die beiden folgenden Tabellen zu Berechnung des reinen Elektrolytwiderstandes und fahren Sie mit der Auswertung fort.

- Bestimmen Sie den konstanten Widerstand für beide Querschnittsflächen anhand Ihrer Zeichnung und berechnen Sie die reinen Widerstandswerte des Elektrolyts indem Sie die Werte aus den Tabellen 8 und 9 korrigieren und in den Tabellen 10 und 11 eintragen.

konstanter Widerstand für Strich 1

$$R_{Kons1} = \underline{\hspace{10em}}$$

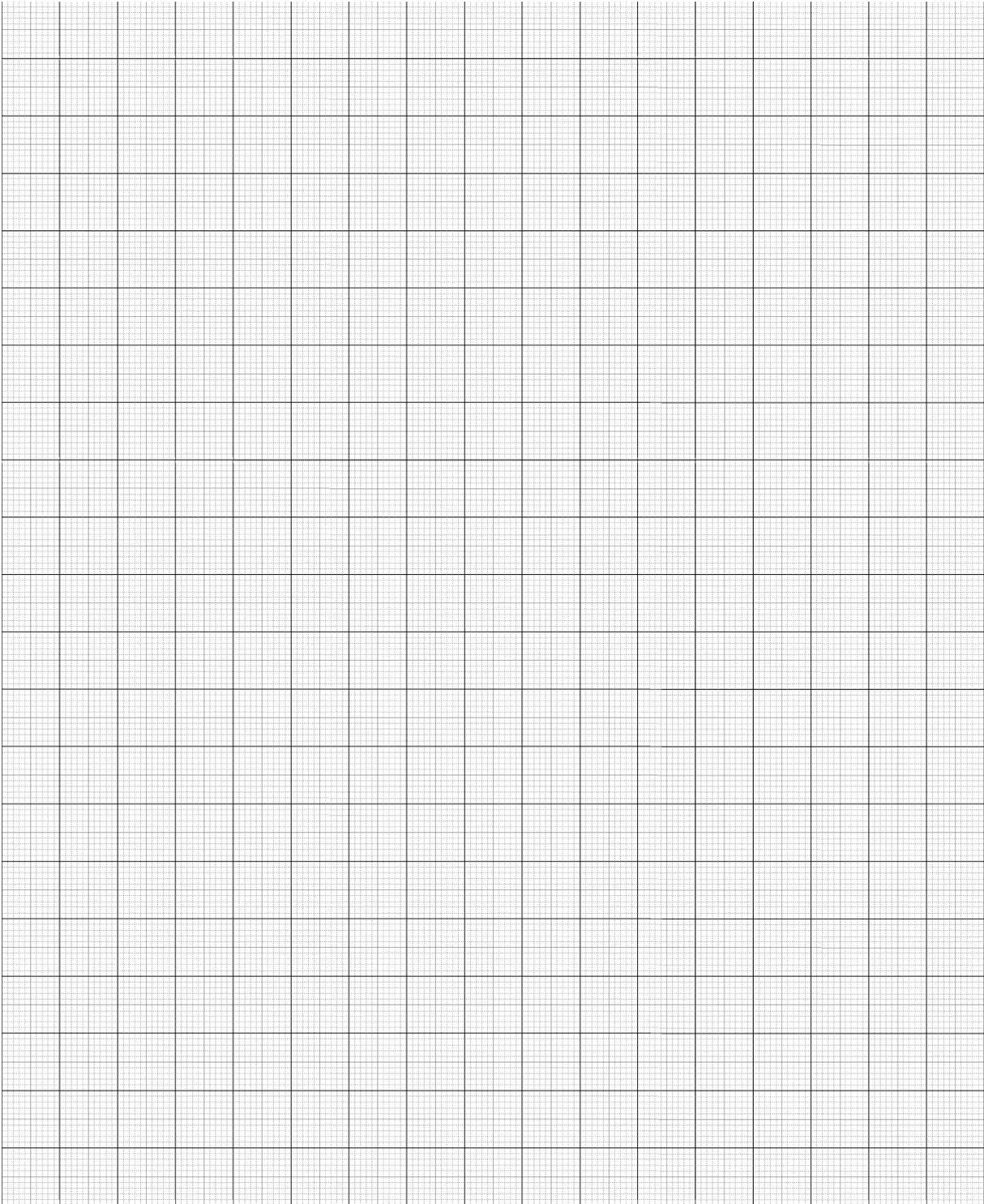


Abbildung 43: Millimeterpapier

konstanter Widerstand für Strich 2

$$R_{Kons2} = \underline{\hspace{10em}}$$

Tabelle 10: Widerstand des Elektrolyts bei erstem Strich

Abstand (mm)	reiner Elektrolytwiderstand (Ω)

Tabelle 11: Widerstand des Elektrolyts bei doppelter Querschnittsfläche

Abstand (mm)	reiner Elektrolytwiderstand (Ω)

Interpretieren Sie das Ergebnis, indem Sie untersuchen wie sich die reinen Widerstände bei doppeltem Elektrodenabstand verändern.

-
- Zeichnen Sie auch die Werte des doppelten Elektrolytquerschnitts ein und bestimmen Sie auch für diese Messserie die tatsächlichen Widerstandswerte des Elektrolyts.
 - Vergleichen Sie nun die tatsächlichen Widerstandswerte bei gleichem Abstand und unterschiedlichem Querschnitt und interpretieren Sie.
-

2.8.3 Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit

Wie Sie im vorigen Kapitel festgestellt haben ist der Widerstand eines Elektrolyts nicht nur materialabhängig sondern ebenfalls von der Geometrie des Leiters, dasselbe gilt übrigens auch für elektrische Widerstände. Wenn Sie genau gearbeitet haben sollte die vorige Auswertung des Versuchs ergeben haben, dass sich mit doppeltem Querschnitt der Widerstand halbiert und mit doppelter Länge der Widerstand verdoppelt.

Durch eine doppelt so große Querschnittsfläche können doppelt so viele Ladungsträger fließen, also

doppelt so viel Strom. Der Leitwert ist also bei doppeltem Querschnitt doppelt so groß. Auf einer doppelt so langen Strecke geht doppelt so viel Energie verloren, deshalb halbiert sich der Leitwert. Wir stellen also fest, dass sich der Leitwert G proportional zur Querschnittsfläche A

$$G \propto A$$

und umgekehrt proportional zur Länge l des Leiters ist.

$$G \propto \frac{1}{l}$$

Zusammenfassend kann man schreiben

$$G \propto \frac{A}{l}$$

Den Einfluss des jeweiligen Materials beschreibt eine gewisse Proportionalitätskonstante σ . Diese wird als (material)spezifische *Leitfähigkeit* bezeichnet. Die spezifische Leitfähigkeit σ ist eine reine Materialeigenschaft und ist unabhängig von der Geometrie des Leiters.

$$G = \sigma \cdot \frac{A}{l}$$

Die Einheit der spezifischen Leitfähigkeit ist S/m.

Dies lässt sich ebenso für den Widerstand einführen.

der Widerstand wird mit der Länge größer..... $R \propto l$

der Widerstand verringert sich wenn A größer wird..... $R \propto \frac{1}{A}$

$$R = \frac{1}{G} = \frac{l}{\sigma \cdot A} = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Die geometrieunabhängige Größe ist der spezifische Widerstand ρ . So wie der Leitwert der Kehrwert des Widerstand ist, so ist auch die spezifische Leitfähigkeit der Kehrwert des spezifischen Widerstands.

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

Die Einheit des spezifischen Widerstands ist $m/S = \Omega \cdot m$

Dies bedeutet, dass jedes Material eine spezifische Leitfähigkeit aufweist die gemeinsam mit den geometrischen Eigenschaften den Leitwert des Leiters festlegt.

Berechnen Sie mit den gemessenen Werten (oder den ggf. anschließend korrigierten Werten aus den Tabellen 10 und 11) die spezifische Leitfähigkeit und den spezifischen Widerstand des Elektrolyts. Hinweis: Sie können dies mit mehreren Abständen und den dazugehörigen Widerstandswerten berechnen und anschließend einen Mittelwert davon berechnen. Dazu benötigen Sie nur noch die

Größen der beiden Querschnittsflächen. Achten Sie jedoch auf die Einheiten mit denen Sie rechnen. (Sie dürfen auf keinen Fall mm durch cm dividieren!)

Querschnittsfläche Strich 1: $A_1=8,55 \text{ cm}^2$

Querschnittsfläche Strich 2: $A_2=17,10 \text{ cm}^2$

Notieren Sie hier Ihre Ergebnisse.

Sie haben am Ende Ihrer Messungen auch mit dem Leitfähigkeitsmessgerät die spezifische Leitfähigkeit in mS/cm gemessen. Nun sollten Sie ihre beiden Messungen vergleichen können. (Sie können jedoch nur gleiche Einheiten vergleichen, $1000 \text{ mS} = 1\text{S}$)

Leitfähigkeitsmessungen als Teil einer Trinkwasseranalyse

Zur Analyse der Qualität von Trinkwasser ist die Leitfähigkeitsmessung ein sehr wichtiges Instrument. Anhand von Erfahrungswerten, kann man je nach Größe der Leitfähigkeit auf verschiedene chemische, physikalische und mikrobiologische Parameter rückschließen. Weitere Parameter neben der Leitfähigkeit sind Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumgehalt, der pH-Wert, der Sauerstoff- und der Phosphatgehalt.

Weiters ist die elektrische Leitfähigkeit ein Hinweis auf äußere Einflüsse. Nur wenn die Leitfähigkeit konstant ist, wird die Wasserprobe nicht von äußeren Einflüssen beeinträchtigt.

Als Faustformel kann man sagen, dass $90 \mu\text{S}/\text{cm}$ (bei 25°C - **die spezifische Leitfähigkeit ist temperaturabhängig!**) einer *Carbonathärte* von $1 \text{ mval}/\text{l}$ entspricht, wobei in der Regel ca. $80 \pm 60 \mu\text{S}/\text{cm}$ auf andere Ionen zurückgehen.