



IMST – Innovationen machen Schulen Top

Kompetent durch praktische Arbeiten – Labor, Werkstätte & Co

EXPERIMENTELLE KOMPETENZEN FÜR DIE NEUE REIFEPRÜFUNG

ID 1856

Mag. Renate Langsam

BRG/BORG St. Pölten

St. Pölten, Juli 2016

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	4
1 EINLEITUNG	5
1.1 Voraussetzungen.....	5
1.1.1 Der naturwissenschaftliche Zweig.....	5
1.1.2 Die Klasse.....	5
1.1.3 Kompetenzorientierung.....	5
1.1.4 Das Experiment.....	6
1.1.5 Demonstrieren der experimentellen Fähigkeiten im Rahmen der mündlichen Reifeprüfung.....	7
2 ZIELE	8
2.1 Ziele auf SchülerInnenebene.....	8
2.2 Ziele auf LehrerInnenebene.....	8
2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen.....	8
3 DURCHFÜHRUNG	9
3.1 Überblick.....	9
3.1.1 Festlegung der Themengebiete (L).....	9
3.1.2 Durchforsten der Lehrbücher nach Experimenten (SuS).....	9
3.2 Zeitplan.....	11
3.3 Labor.....	11
3.3.1 Durchführung der bestgereichten Experimente im Labor.....	11
3.3.2 Diskussion und Revision der Beurteilung.....	11
3.4 Erstellen des Kataloges unter den geänderten Kriterien.....	11
3.4.1 Unterscheidung zwischen Demonstration und Messung.....	12
4 EVALUATIONSMETHODEN	13
4.1 Evaluationsmethoden bezogen auf Schüleraktivitäten.....	13
4.1.1 Portfolio.....	13
4.1.2 Beobachtung.....	13
4.1.3 Gezielte Lehrerfragen.....	13
4.1.4 Beurteilung der Schülerinnen und Schüler.....	13
4.2 Evaluationsmethoden auf Lehrerebene.....	13
4.2.1 Fertiger Katalog.....	13
5 ERGEBNISSE	14
5.1 Ergebnisse zu Ziel 1.....	14

5.1.1	Versuchsliste aus dem Schulbuch	14
5.1.2	Unterscheidung der Experimenttypen	15
5.1.3	Identifikation mit dem Projekt.....	15
5.1.4	Unterschiede zwischen den Geschlechtern	15
5.1.5	Verbesserung der Eigenständigkeit in der Benutzung der Sammlung.....	15
5.1.6	Verbesserung der Eigenständigkeit beim Experimentieren	17
5.1.7	Verantwortung	17
5.1.8	Unterscheidung qualitativ - quantitativ.....	18
5.2	Ergebnisse zu Ziel 2.....	18
5.2.1	Modellbildung	18
5.2.2	Forschendes Lernen	18
5.3	Ergebnisse auf Lehrerinnenebene	19
5.3.1	Überblickstabelle.....	19
5.3.2	Beispiel für verfeinerten Raster mit Themengebieten, Versuchen, Geräten und Punkten	20
5.3.3	Einschränkungen	20
5.3.4	Formulierung als Prüfungsaufgabe.....	21
6	DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK	22
6.1	Die Matura.....	22
6.2	Handlungsdimensionen	22
6.3	Mögliche Vorgangsweisen bei praktischen Experimenten während der mündlichen Matura.....	23
6.3.1	Vorgezogene Ziehung.....	23
6.3.2	Unabhängige Laborfrage: Eingeschränkte Versuchszahl	23
6.3.3	Unabhängige Laborfrage: Eins aus zwei	23
6.4	Fortsetzung des Projekts	23
6.4.1	Wiederholung in Folgejahren	23
6.4.2	Empfehlung.....	23
6.5	Sensorik – Messen mit dem TI-Nspire	23
7	LITERATUR	25
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	26
	ANHANG.....	27

ABSTRACT

Das Projekt setzt sich als Ziel, zu den individuell definierten Themengebieten für die mündliche Reifeprüfung aus Physik eine Palette an Experimenten zu finden, sodass zu jedem Themengebiet mindestens eine Aufgabe experimenteller Art gestellt werden kann. Weiters wird die Möglichkeit überprüft, solche Beispiele mit einer Schulklasse im Rahmen des Physik-Labors zu erarbeiten und nach bestimmten Kriterien mit Punkten zu bewerten.

Ziel ist einerseits auf Lehrerebene ein Katalog an Beispielen zu erstellen, die sich für die Matura als geeignet erweisen und deren Durchführbarkeit zu überprüfen, andererseits wird beobachtet, wie die Schülerinnen und Schüler reagieren, wenn sie die Experimente für ihre eigene Reifeprüfung aussuchen und testen dürfen.

Im letzten Kapitel werden die grundsätzlichen Probleme diskutiert, die sich dabei vor allem organisatorisch für die Vorbereitung der Experimente der Reifeprüfung ergeben und Lösungen vorgeschlagen, wie die Vorgehensweise sein könnte, um ein befriedigendes Gleichgewicht zwischen Aufwand und Ertrag zu erzielen.

Schulstufe:	12.
Fächer:	Physik
Kontaktperson:	Mag. Renate Langsam
Kontaktadresse:	BRG/BORG St. Pölten, Schulring 16, 3100 St. Pölten
Zahl der beteiligten Klassen:	1
Zahl der beteiligten SchülerInnen:	19

Urheberrechtserklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit (=jede digitale Information, z.B. Texte, Bilder, Audio- und Video Dateien, PDFs etc.) selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle aus gedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind zitiert und durch Fußnoten bzw. durch andere genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird. Diese Erklärung gilt auch für die Kurzfassung dieses Berichts, sowie eventuell vorhandene Anhänge.

1 EINLEITUNG

Das BRG/BORG St. Pölten führt unter dem Titel „Realgymnasium mit Informatik und naturwissenschaftlichem Labor“ eine naturwissenschaftliche Klasse mit schulautonomen Lehrplan.

Im Zuge der Physik-Matura war es bis zum Schuljahr 2014 durchaus üblich, das eine oder andere Freihandexperiment zu demonstrieren. Schülerinnen des naturwissenschaftlichen Schwerpunktes mit vierstündigem Physik-Labor hatten im Zuge der schriftlichen Matura auch umfangreichere praktische Beispiele zu lösen.

Mit dem Wegfall dieser Möglichkeit zu maturieren bietet sich die Durchführung eines Experiments nur mehr anlässlich der mündlichen Matura an. Die Bedingungen dafür notwendig sind und welche Beispiele sich dazu eignen, soll in diesem Projekt untersucht werden.

1.1 Voraussetzungen

1.1.1 Der naturwissenschaftliche Zweig

In der naturwissenschaftlichen Klasse wird die vertiefte naturwissenschaftliche Bildung um einen praxisorientierten Aspekt erweitert. Es werden Physik-, Biologie-, und Chemielabor sowie zusätzliche Informatik im Ausmaß von 2 Wochenstunden ab der 6. Klasse zur Auswahl (3 aus 4) angeboten. Verpflichtend ist auch die Verwendung eines Computeralgebra - tauglichen Taschenrechners (TI-Nspire).

Die Schüler wählen im Laufe der fünften Klasse die Laborstunden. Zuerst zwei, jeweils für die sechste und siebente Klasse (zehnte und elfte Schulstufe), dann, in der siebenten Klasse aus den beiden verbleibenden Gegenständen für die zwölfte Schulstufe (= achte Klasse). Häufig werden in der sechsten und siebenten Klasse Chemie und Biologie gewählt, in der achten Klasse entscheiden sie sich dann entweder für Physik oder Informatik oder es können bei gleichmäßigem Interesse und genügend großer Schüleranzahl beide angeboten werden.

Die Stundentafel in Physik entspricht der des Gymnasiums mit jeweils zwei Wochenstunden von der zehnten bis zur zwölften Schulstufe (6. – 8. Klasse). In den letzten beiden Jahrgängen sind Schularbeiten vorgesehen, es besteht auch die Möglichkeit, in Physik eine schriftliche Reifeprüfung abzulegen.

1.1.2 Die Klasse

Bei der für das Projekt gewählten Klasse (8C 2016) handelt es sich um 9 Schülerinnen und 11 Schüler mit ausgeprägtem naturwissenschaftlichem Interesse. In der 6. und 7. Klassen haben sie Biologie und Chemie Labor gewählt, sodass sie schon eine ausreichende Erfahrung bezüglich Planung, Durchführung und Protokollierung von Experimenten vorweisen konnten.

1.1.3 Kompetenzorientierung

Die pädagogischen, didaktischen und rechtlichen Grundlagen für das Experiment im Physikunterricht und bei der Reifeprüfung werden im Projektbericht von Dr. Michael Schwarz (Imst Projekt 1155 „Experimente bei der mündlichen Physikmatura“ von 2014¹) ausführlich dargelegt und sollen nun nur kurz erläutert werden.

Der Erwerb von verschiedenen Kompetenzen ist ein (heftig diskutiertes²) Bildungsziel.

¹ https://www.imst.ac.at/files/projekte/1155/berichte/1155_Langfassung_Schwarzer.pdf (22.7.2016)

² http://www.gew-berlin.de/public/media/20150622_streit1-kompetenzen.pdf (22.7.2016)

Was unter Kompetenzen zu verstehen ist, haben D. S. Rychen and L. H. Salganik in der OECD-Studie „DeSeCo“ (Definition and Selection of Competencies)³, folgendermaßen definiert: „A competency is more than just knowledge and skills. It involves the ability to meet complex demands, by drawing on and mobilising psychosocial resources (including skills and attitudes) in a particular context.“

Eingeteilt in zwei Anforderungsniveaus sind die Inhalte des Oberstufenlehrplans nach den drei Handlungsdimensionen anzuordnen und die Schülerinnen und Schüler nach Erreichen der entsprechenden Tiefe zu beurteilen.

1.1.3.1 Die Handlungsdimensionen und ihre Bedeutung im Projekt

Beim vorliegenden Projekt wurden vor allem folgende Kompetenzen⁴ geschult:

Ich kann

- W3 ...Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik in verschiedenen Formen (Bild, Grafik, Tabelle, Diagramm, formale Zusammenhänge, Modelle ...) darstellen, erläutern und adressatengerecht kommunizieren.
- E 1 ... zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen und/oder Messungen durchführen und diese beschreiben.
- E 2 ... zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen.
- E 3 ... zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren.
- E 4 ... Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen), interpretieren und durch Modelle abbilden.

1.1.3.2 Daten und Ergebnisse analysieren

Die Klasse verwendet in Mathematik standardmäßig den TI-Nspire⁵. Die Verwendung dieses CAS- Rechners kommt der Thematik sehr entgegen. Hier können nicht nur Einzelmessungen gemacht werden, sondern ganze Messreihen, sowohl zeitbasiert als auch eingabebasiert, sodass unterschiedliche Abhängigkeiten gemessen, dargestellt und analysiert werden können.

1.1.4 Das Experiment

Die Bedeutung des Experiments im Physikunterricht steht außer Zweifel⁶. Im Laborunterricht konnten die Schülerinnen und Schüler die unterschiedlichen Arten der Experimente kennenlernen und einzelne Stufen der Überprüfung von Vermutungen mit Hilfe von Experimenten üben.

Der Begriff Demonstrationsexperimente wird in diesem Zusammenhang nicht verwendet, da viele Experimente abhängig von der Skalierung und von den verwendeten Geräten (z. B. Demonstrationsmessgeräte) auch als Lehrerexperimente vor der Klasse ausgeführt werden können.

³ <https://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>

⁴ https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepruefung_ahs_lfph.pdf?4k21fs

⁵ <https://education.ti.com/en/us/products/calculators/graphing-calculators/ti-nspire-cx-cas-handheld/tabs/overview> (22.7.2016)

⁶ http://www.uni-regensburg.de/physik/didaktik-physik/medien/VeranstMat/PrfgVorbUFP/exp_im_phunt_info_neu_jr.pdf (22.7.2016)

1.1.4.1 Das Freihandexperiment

Einfache Freihandexperimente wurden, wie schon erwähnt, auch früher bei der Reifeprüfung verwendet und dienten der Demonstration von Phänomenen ohne qualitative oder quantitative Ergebnisse zu verlangen.

Als Beispiele seien hier die Wurfbewegung, Stöße zwischen am Tisch gleitenden Münzen oder ähnliches erwähnt.

1.1.4.2 Die qualitative Untersuchung

Auch eine qualitative Untersuchung ist durchaus schon im Verlauf früherer Reifeprüfungen üblich gewesen, so sollten die Kandidaten zeigen, welchen Einfluss das Verändern von Fadenlängen oder Massen auf die Schwingungsdauer von Pendeln hat, oder wie die Annäherung an der Eigenfrequenz eine Resonanz hervorruft.

1.1.4.3 Die quantitative Messung

Die Verwendung des TI-Nspire erlaubt nun bei der Reifeprüfung eine umfassendere Palette quantitativer Messungen.

Zeitabhängige Größen wie Temperaturänderungen oder Bewegungsgrößen, Kennlinien oder anderes können damit leicht gemessen und in entsprechenden Diagrammen dargestellt werden.

1.1.5 Demonstrieren der experimentellen Fähigkeiten im Rahmen der mündlichen Reifeprüfung

Die Idee war ursprünglich, dass zu jedem Themengebiet der mündlichen Reifeprüfung ein oder mehrere passende Experimente gesucht und auf Brauchbarkeit getestet werden, die dann in der Fragestellung formuliert und vorgeführt werden.

Die Konsequenzen daraus konnten jedoch bei Einreichen des Projektes nicht vollständig überdacht werden. War es früher so, dass der Kandidat drei, später zwei Fragen bekam und daraus eine Auswahl treffen musste, so ist der momentane Stand die unmittelbare Ziehung aus 36 möglichen Fragen. Das heißt eines von mindestens 18 Experimenten soll zur Durchführung vorbereitet sein. Die Konsequenzen, Probleme und deren mögliche Lösungen werden in den Ergebnissen bzw. im Ausblick behandelt.

2 ZIELE

2.1 Ziele auf SchülerInnenebene

1. Schüler erkennen den Unterschied zwischen den verschiedenen Typen (Freihand/qualitativ/quantitativ) von Experimenten und verbessern den Umgang mit Experimentiermaterial und Messgeräten
2. Kompetenzen: Schüler können Modelle bilden und diese mit Hilfe von Experimenten und anhand der enthaltenen Daten überprüfen. Ziel ist, dass sie lernen, Abweichungen der Messungen von den theoretischen Vorhersagen zu analysieren und Messfehler zu diskutieren.

2.2 Ziele auf LehrerInnenebene

1. Überprüfung der Möglichkeiten der Erstellung eines Experimentekatalogs
2. Lösung für organisatorische Probleme in Hinblick auf die Reifeprüfung

2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen

1. Weitergabe der Erfahrungen (in Form der ausgedruckten Prüfungsfragen, des Experimentekatalogs und der Kopie des Portfolios einer Schülerin) an Kollegen/innen in der Schule
2. Bericht über die Ergebnisse des Projekts, vor allem die Verbesserungsvorschläge an übergeordnete Dienststellen (Direktion, LSR)
3. IMST Bericht

3 DURCHFÜHRUNG

Die Schülerinnen und Schüler beschäftigten sich mit dem Projekt von Oktober bis Ende März

3.1 Überblick

Grundsätzlich beginnt die Vorbereitung auf die Reifeprüfung natürlich mit ersten Physik- Unterrichtsstunde in der sechsten Klasse (9. Schulstufe).

Für die organisatorische Vorarbeit ist die Erstellung des Kataloges der Themengebiete ein wichtiger Schritt.

3.1.1 Festlegung der Themengebiete (L)

Das Erstellen der Themengebiete wurde im Jahr 2014 in Zusammenarbeit mit den Kolleginnen und Kollegen der Schule begonnen. Ein gemeinsamer Themenkatalog wurde auf der Basis der Vorschläge von Dr. Martin Apolin⁷ erstellt und der Situation und den Anforderungen im sechsständigen RG mit 2 Laborstunden angepasst.

3.1.1.1 Erstellen des Themenkatalogs für die mündliche Reifeprüfung

Für die im darauffolgenden Jahr am Projekt teilnehmende Klasse wurde dieser Themenkatalog abgewandelt um mehr experimentelle Aufgaben einfließen lassen zu können (siehe Anhang).

3.1.1.2 Konkretisieren der Inhalte des Themenkatalogs

Bis Anfang Oktober wurden von der Lehrerin die Inhalte zum Themenkatalog hinzugefügt. Später wurden diese Inhalte im schuleigenen Moodle den Maturanten und Maturantinnen zur Verfügung gestellt.

3.1.2 Durchforsten der Lehrbücher nach Experimenten (SuS)

Die organisatorische Hauptarbeit übernahmen in den ersten Wochen des Projekts die Schülerinnen und Schüler der 8C. Ihnen wurde aufgetragen, in Kleingruppen mit 2- 3 Schülerin und Schülerinnen aus den Schulbüchern die vorgegebenen Experimente aufzulisten und mit Punkten zu versehen. Diese Punkteverteilung wurde später durch die Kriterienliste ersetzt

3.1.2.1 Erstellen der Kriterienliste

Gemeinsam mit der Lehrerin wurde im Laufe der ersten Labortstunden eine Kriterienliste erstellt, anhand dieser sie die Versuche mit Noten von 1 bis 5 beurteilen sollten.

Zu den Kriterien gehörten:

Aufwand beim Aufbau (Wenig Teile, einfacher Aufbau ... Teile aus den Schülerversuchskästen ... Komplexer Aufbau mit vielen Zusatzgeräten)

Zeit bei Messung (einzige Messung .. Messreihe aber kurzer Zeitaufwand .. Langzeitmessung)

Experimentelle Besonderheiten während der Matura (wird Lärm verursacht, ist Verdunklung nötig, Transport der Geräte leicht möglich, eigener Raum notwendig, Overheadprojektor, gibt es Geruchsbelästigung, kann durch die Stresssituation eventuell ein Gerät zu Schaden kommen)

Themenbezug: Bezug zum Thema (direkter Bezug/Basisversuch .. weiterführender Versuch .. Zusatzaufgabe)

⁷ https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepruefung_ahs_lfph.pdf?4k21fs Seite 12 (22.7.2016)

Kriterium	Beschreibung
Schwierigkeit	Hier ist sowohl der Schwierigkeitsgrad im Verständnis als auch bei der Erklärung gemeint
Aufwand	Komplexität des Aufbaus
Aufbauzeit	Dauer des Aufbaus
Messzeit	Dauer der Messung
Themenbezug	Experiment ist ein Basisversuch eine weiterführende oder eine Zusatzaufgabe
Besonderheit	Sind Verdunklung nötig, stört es die anderen Kandidaten in der Konzentration oder ähnliches

Diese Kriterienliste wurde von der Lehrerin intern noch um den Punkt Sinnhaftigkeit ergänzt, der auch berücksichtigt, dass eventuell ein anderer einfacherer Versuch dasselbe Resultat zeigt.

Beispiel für eine Versuchsangabe mit Bewertungsraster

Physik Labor [Imst] – Versuche zu Bewegung und Trägheit

1. Verwendung von Lichtschranken:

Schwierigkeit	Aufwand	Aufbauzeit	Messzeit	Themenbezug	Besonderheit

- Einzelarbeit: Messung der Schwingungsdauer eines Federpendels

Verwende dazu eine Gabellichtschranke und postiere sie so, dass der Pendelkörper den Lichtstrahl an seinem unteren Umkehrpunkt unterbricht.

Zähle mit dem Digitalzähler, wie viele Unterbrechungen in 10 Sekunden stattfinden und bestimme daraus Frequenz und Schwingungsdauer. Bestimme die Federkonstante der Feder und berechne die Schwingungsdauer als Vergleich.

- Einzelarbeit: Messung der Schwingungsdauer eines Fadenpendels

Verwende dazu eine Gabellichtschranke und postiere sie so, dass der Pendelkörper den Lichtstrahl während der Schwingung unterbricht.

Zähle, wie viele Unterbrechungen in 10 Sekunden stattfinden und bestimme daraus Frequenz und Schwingungsdauer. Bestimme die Länge des Pendels und berechne die Schwingungsdauer als Vergleich.

- Partnerarbeit: Bestimme die Reaktionszeit deines Versuchspartners B 5 S 21

2. Messung der schiefen Ebene mit dem Ultraschallsensor

Schwierigkeit	Aufwand	Aufbauzeit	Messzeit	Themenbezug	Besonderheit

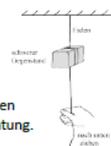
Partnerarbeit: Beweise das bei der Berechnung der schiefen Ebene (Buch S 23) erhaltene Ergebnis, dass die Endgeschwindigkeit nicht vom Gefälle abhängt, sondern nur von der Höhendifferenz. (Vgl. Schisprung)

3. Trägheit

Schwierigkeit	Aufwand	Aufbauzeit	Messzeit	Themenbezug	Besonderheit

Einzelarbeit: Eine Masse ist an einem dünnen Faden aufgehängt, am unteren Ende ist wieder ein Faden befestigt. Ziehe zuerst langsam, dann ruckartig an dem Faden an, bis er reißt. Notiere Deine Beobachtung.

Begründe, das Versuchsergebnis



4. Reibungskoeffizient

Schwierigkeit	Aufwand	Aufbauzeit	Messzeit	Themenbezug	Besonderheit

Bestimme mit der schiefen Ebene die Haftreibungskoeffizienten für verschiedene Oberflächen.

https://elearning.physik.uni-frankfurt.de/data/FB13-PhysikOnline/lm_data/lm_282/auto/kap04/cd095.htm

Abbildung 1: Laborbeispiele mit Raster für die Punktevergabe (vergrößerte Version siehe Anhang)

3.1.2.2 Beurteilen der Experimente nach den Kriterien

Die endgültige Beurteilung der Experimente erfolgte durch die Lehrerin aufgrund eigener Eindrücke und von Befragungen der Schülerinnen und Schüler während der Durchführung im Labor. Dabei wurden Punkte von 1 bis 5 wie Schulnoten vergeben. Schließlich wird die höchste Punktezahl gewertet. Ist zum Beispiel ein Experiment relativ einfach zu verstehen und zu erklären, erhält es in der Schwierigkeit die Bewertung 2, hat es aber im Aufwand die Bewertung 3, weil es zusätzliche Bauteile benötigt, so erhält es auch gesamt nur die „Note“ 3.

3.2 Zeitplan

Termin	Aufgabe
Februar 2014	Festlegung der Themengebiete (L)
Sommer 2015	Erstellen des Kataloges (L)
	Konkretisieren der Inhalte (L)
September 2015	Durchforsten der Lehrbücher nach Experimenten (SuS)
Oktober 2015	Erstellen der Kriterienliste (L+SuS)
November 2015 bis April 2016	Durchführung und (SuS)
November 2015 bis April 2016	Gemeinsame Beurteilung der Experimente

3.3 Labor

In den ersten Laborstunden (September und Oktober) wurden vor allem Experimente zum aktuellen Stoff (Elektrizität/Elektrodynamik) nachgeholt und durchgeführt.

3.3.1 Durchführung der bestgereihten Experimente im Labor

Im Laufe des Jahres wurden nach und nach die Experimente aus den ursprünglichen Listen der Schülerinnen und Schüler, die nicht bereits davor im Regelunterricht gemacht wurden, beginnend mit denen mit der besten Beurteilung (niedrigsten Punkteanzahl) ausgewählt und durchgeführt.

3.3.2 Diskussion und Revision der Beurteilung

Während und nach der Durchführung eines Experiments wurde mit den Schülerinnen und Schüler über die Brauchbarkeit bei der Matura diskutiert und eventuell die Beurteilung revidiert.

3.4 Erstellen des Kataloges unter den geänderten Kriterien

Die geeigneten Experimente wurden daraufhin von der Lehrerin den entsprechenden Themengebieten zugeordnet. Dabei passen mehrere Experimente zu einem Themengebiet, andererseits kann ein Experiment auch in mehreren Themengebieten aufscheinen.

Zusätzlich gibt es noch weitere Experimente, zum Beispiel aus den Anleitungen für die Schülerexperimentierkästen von NTL oder Messungen mit dem TI-Nspire oder anderen Quellen, die nicht im Schulbuch aufgelistet sind. Auch solche (einige stammen aus dem Physik-Lehrbuch Tipler⁸) wurden im Labor durchgeführt und beurteilt.

⁸ Tipler, *Physik für Wissenschaftler und Ingenieure*

3.4.1 Unterscheidung zwischen Demonstration und Messung

Die Schülerinnen und Schüler müssen bei der Reifeprüfung den Unterschied zwischen der Demonstration eines Sachverhalts und der Messung einer oder mehrerer Größen aus der Aufgabe herauslesen. Daher sind die entsprechenden Aufgabestellungen deutlich durch entsprechende Schlüsselwörter gekennzeichnet.

Beispiel für eine solche Angabe:

„Erklären Sie die Entstehung von Schwebungen und demonstrieren Sie dazu ein passendes Experiment.“

„Zeigen Sie experimentell, dass die Schwebungsfrequenz die Differenz der beiden Schwingungsfrequenzen ist“

Während die erste Aufgabe etwa schon mit zwei Stimmgabeln erfüllt werden könnte, ist für die zweite zumindest ein Frequenzmesser oder ein Frequenzgenerator nötig.

4 EVALUATIONSMETHODEN

4.1 Evaluationsmethoden bezogen auf Schüleraktivitäten

4.1.1 Portfolio

Die Schülerinnen hatten ein Portfolio mit den Versuchsprotokollen anzulegen. In diesem Portfolio sind alle im Labor gemachten Versuche aufgelistet. Die Angaben der für die Matura relevanten sind mit IMST und eventuell der entsprechenden Punktezahl gekennzeichnet.

4.1.2 Beobachtung

Die Entwicklung der Geläufigkeit, Versuche zu planen, durchzuführen und auszuwerten wurde in den Laborstunden beobachtet und aufgezeichnet. Es gab unterschiedlich detailliert ausformulierte Aufgabenstellungen. Beobachtet wurde die Aktivität der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf Eigenständigkeit beim Experimentieren und Art der Fragestellung an die Lehrperson und untereinander.

Weiters wurde auch zusätzlich die Identifikation mit dem Projekt und die Eigenständigkeit bei der Benutzung der Sammlung, die Unbekümmertheit durch Beobachtung evaluiert.

4.1.3 Gezielte Lehrerfragen

Um sicher zu gehen, dass die Aufgabenstellung verstanden wurde und die Schülerinnen und Schüler ihr Handeln reflektieren wurden immer wieder gezielte Fragen nach der Begründung für die Vorgangsweise gestellt.

Beispiele für Lehrerfragen zum Versuch *Messung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser*⁹:

„Warum hast du nicht gleich das Becherglas sondern den isolierten Alubecher verwendet? Wie groß würde der Fehler sein? Was glaubst du, wovon dieser abhängt?“

„Hat es Vorteile, das Wasser zu wägen oder das Volumen zu messen?“

„Welche Anfangs- und Endtemperatur sind sinnvoll?“

„Kann nach Abbruch das Experiment weitergeführt werden?“

„Kann man die Zeit für die Messung verkürzen, ohne Genauigkeit einzubüßen?“

„Kann die Genauigkeit durch Erhöhen der Wassermenge gesteigert werden?“

4.1.4 Beurteilung der Schülerinnen und Schüler

Das Ergebnis der drei Beurteilungsgrundlagen Portfolio, Beobachtung und Lehrerfragen wurde zu einer Praktikumsnote zusammengefasst, die dann zu einem Prozentsatz der Zeugnisnote hinzugerechnet wurde.

4.2 Evaluationsmethoden auf Lehrerebene

4.2.1 Fertiger Katalog

Das Erreichen des Projektzieles ist am fertigen Katalog von Experimenten ablesbar. Weiters sollten sich die Aufgaben im Fragenkatalog für die mündliche Reifeprüfung widerspiegeln.

⁹ NTL-Schülerversuche - Anleitungen

5 ERGEBNISSE

Es ist zu betonen, dass das Suchen der Versuche im Schulbuch und die Punktevergabe nicht in die Beurteilung des Labors eingeflossen sind. Das wurde bereits zu Beginn des Schuljahres bekannt gegeben. Es sollte bei den Schülerinnen und Schülern kein unnötiger Stress entstehen. Dadurch ergab sich auch die Möglichkeit zu beobachten, wie weit die Schülerinnen und Schülern aus eigenem Antrieb, Neugierde, oder einfach Loyalität den Mitschülern und der Lehrperson gegenüber sich daran beteiligten. Sie erkannten, dass sie die Möglichkeit hatten, an wichtigen Entscheidungen mitzuwirken. Ihre Einschätzung der Versuche hatte Konsequenzen für ihre eigene Matura bzw. der von Mitschülern.

5.1 Ergebnisse zu Ziel 1

5.1.1 Versuchsliste aus dem Schulbuch

Bereits nach einigen Tagen erhielt ich in Moodle die ersten Listen mit Versuchen, die die Schülerinnen und Schüler aus dem Schulbuch herausgesucht hatten, versehen mit der vorläufigen Punkteangabe.

Stephanie & Lena - Geometrische Optik – Sexl 7, S 10ff

1. Versuch – Reflexion am ebenen Spiegel

Beschreibung: Im verdunkelten Raum wird ein Lichtstrahl auf einen Spiegel gerichtet, durch Drehen des Spiegels trifft der Strahl woanders auf.

Dauer: 1

Aufwand: 4

Material: 1

Effizienz: 3

Bemerkung: Verdunklung erforderlich

2. Versuch- Reflexion am gewölbten Spiegel

Beschreibung: Wir lassen durch einen Mehrfachspalt Licht parallel auf einen konvex oder konkav Spiegel einfallen und beobachten wo der Strahl auftritt.

Dauer: 1

Aufwand: 2

Material: 2

Effizienz: 2

3. Versuch- Lichtbrechung

Beschreibung: Mit einer optischen Scheibe wird der Einfallswinkel und Brechungswinkel beim Übergang des Lichtstrahls von Luft zu Glas und umgekehrt gemessen.

Dauer: 1

Aufwand: 1

Material: 1

Effizienz: 1

4. Versuch- Totalreflexion

Beschreibung: ein Lichtstrahl kommt senkrecht auf die Grenzfläche Wasser-Luft auf, dabei wird der Einfallswinkel kontinuierlich verändert.

Dauer: 1

Aufwand: 2

Material: 1

Effizienz: 1

Bemerkung: wegen des Wassers materialaufwändiger

5. Versuch- Lichtleiter

Beschreibung: Laserlicht wird durch einen Wasserstrahl geführt.

Dauer: 2

Aufwand: 5

Material: 3

Effizienz: 5

Bemerkung: wegen des Wasserstrahls bei der Matura nicht günstig.

Abbildung 2: Teil einer Versuchsliste, wie sie Schülerinnen erstellt haben

5.1.2 Unterscheidung der Experimenttypen

Es ließ sich bereits nach einigen Laborstunden beobachten, dass die Schüler zuerst in Form eines Freihandexperiments den Sachverhalt ausprobiert haben. Danach versuchten sie, halb-quantitativ gute Ergebnisse zu erzielen, zum Beispiel durch Abschätzen der Fallzeit eines Körpers, bevor sie mit der eigentlichen Messung begannen.

5.1.3 Identifikation mit dem Projekt

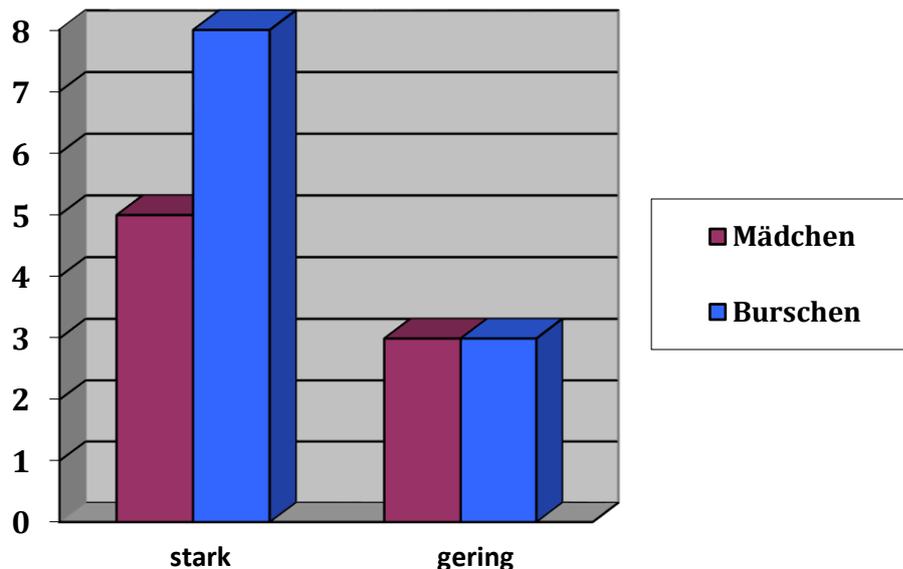


Abbildung 3: Identifikation der Schülerinnen und Schüler mit dem Projekt

Zwei Drittel zeigten ein großes Interesse an der Aufgabe, sie identifizierten sich stärker als die Anderen, und das Interesse war unabhängig davon, ob sie in Physik maturieren wollten oder nicht. Die geringe Anzahl an Probanden lässt allerdings keine aber keine weiterreichenden Schlüsse zu. Ein typischer Satz: „Da können wir die Fragen für die Matura beeinflussen? – cool!“

In Gesprächen fielen dann Sätze wie „Es wäre besser, das nur als Freihandversuch zu zeigen“ oder im Gegensatz dazu „Hier würde eine Langzeitmessung nötig sein, das geht aber nicht bei der Matura“.

Einige Male erhielt die Lehrperson Empfehlungen wie im Fall der Messung der Abkühlzeit: „Dieser Versuch eignet sich nicht gut, weil in der Anleitung steht 30 Messungen mit 20 Sekunden als Messintervall, aber ein gutes Ergebnis erhält man erst nach ca. 50 Minuten.“

5.1.4 Unterschiede zwischen den Geschlechtern

Eigentlich konnte ich nur Unterschiede zwischen interessierten und nicht interessierten, physikalisch, technisch oder mathematisch begabteren und weniger begabten Schülerinnen und Schülern feststellen. Die kleine Anzahl an Teilnehmern und Teilnehmerinnen (19) lässt keine statistische Aussage zu geschlechtspezifischen Unterschieden zu.

5.1.5 Verbesserung der Eigenständigkeit in der Benutzung der Sammlung

Die Mehrheit Schülerinnen und Schüler fanden sich auch nach kurzer Zeit bereits in der Sammlung zurecht. Sie erkannten das System, wie die Kästen strukturiert waren und fanden die Teile eigenständig. Einige (4) verweigerten allerdings diese Eigenständigkeit und warteten bei verschiedenen Aufgaben, bis andere ein aufwändigeres Experiment beendet hatten um dann deren Aufbauten zu übernehmen.

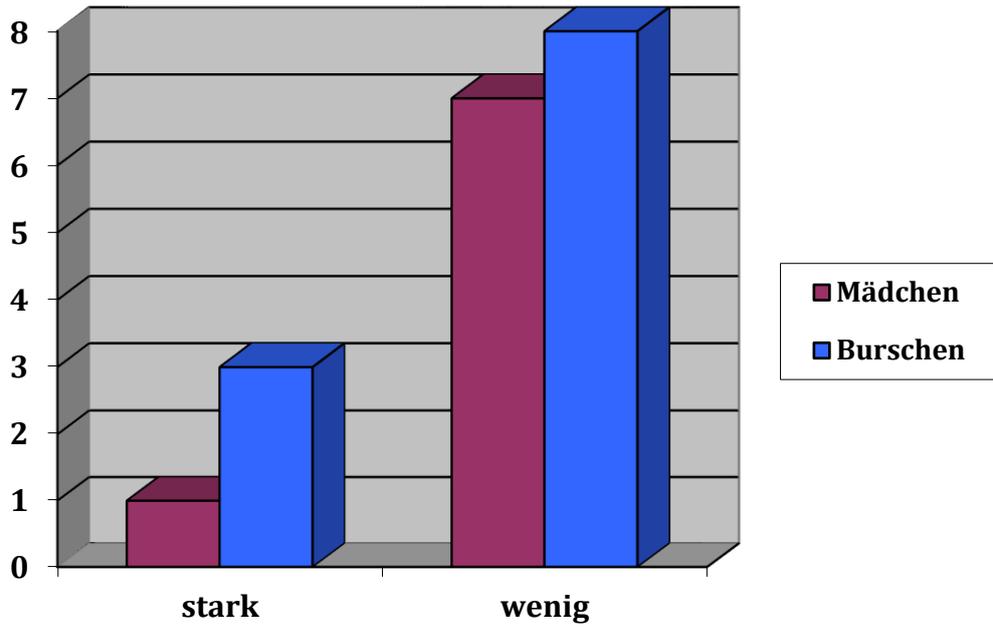


Abbildung 4: Eigenständigkeit im Zurechtfinden in der Sammlung vorher

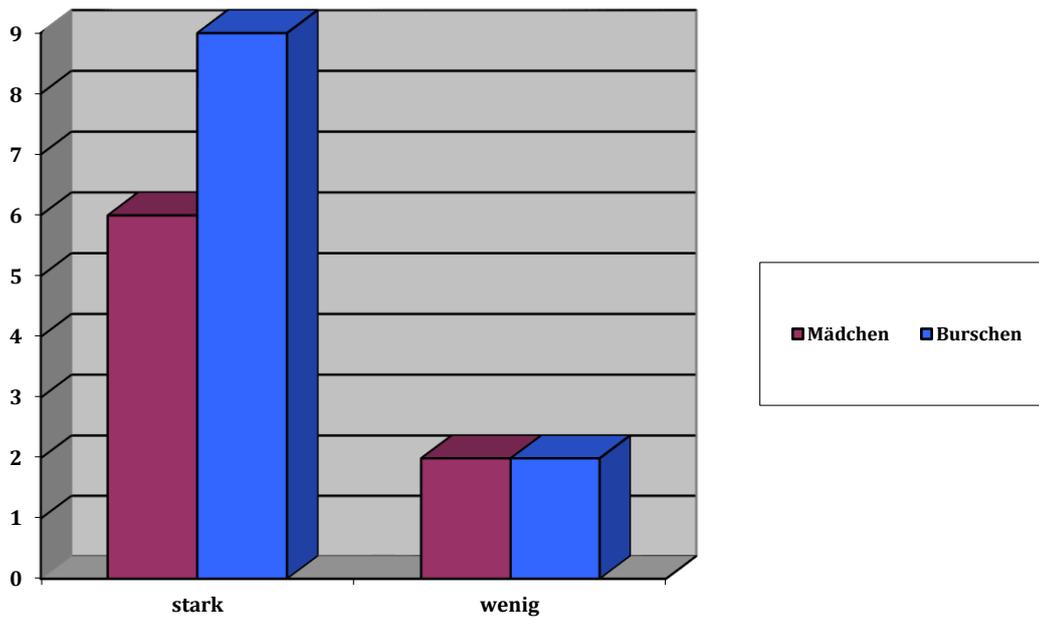


Abbildung 5: Eigenständigkeit im Zurechtfinden in der Sammlung nachher

Die Grafik gibt den beobachteten Zuwachs an Selbständigkeit an. Drei Schüler dieser Klasse nahmen in den letzten Jahren an der Vorbereitung zum AYPT teil und kannten die Sammlung bereits sehr gut.

5.1.6 Verbesserung der Eigenständigkeit beim Experimentieren

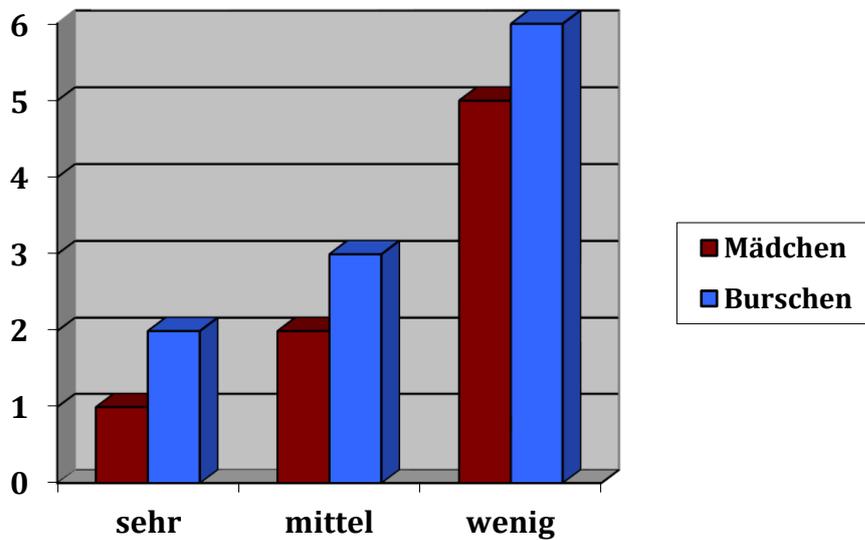


Abbildung 6: Eigenständigkeit vor dem Labor

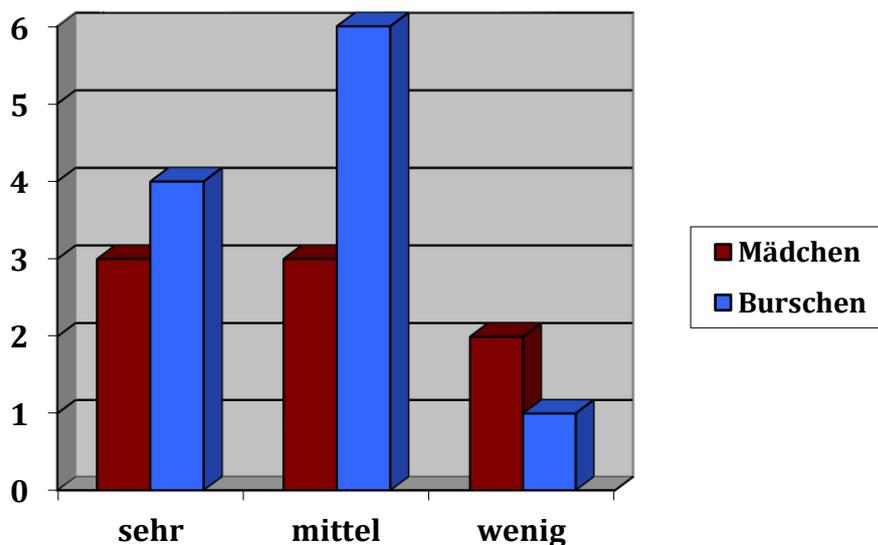


Abbildung 7: Eigenständigkeit nach dem Labor

Hier waren es nur zwei Schülerinnen und ein Schüler, die wenig Eigenständigkeit dazugewannen. Das zeigte sich darin, dass sie grundsätzlich warteten, wenn ihnen etwas unklar war und nicht die Eigeninitiative ergriffen um sich bei Mitschülern oder der Lehrerin zu informieren.

5.1.7 Verantwortung

Hier zeigt es sich, dass einige Burschen etwas unbefangener waren. Sie kümmerten sich weniger um Gefahren (damit sind Beschädigungen der Geräte usw. gemeint), die bei unsachgemäßer Durchführung des Experiments drohten, offenbar in der Ansicht, alles wäre zu reparieren, nachzukaufen oder „die Versicherung würde schon für Schäden aufkommen“ (wörtliches Zitat eines Schülers).

Hierzu muss aber gesagt werden, dass die Schülerinnen und Schüler insgesamt ein großes Verantwortungsbewusstsein an den Tag legten und nie bewusst oder unbewusst fahrlässig handelten. Dadurch, dass ich die Klasse schon lange kannte, und wir auch andere Projekte gemeinsam durchgeführt hatten (Organisation des Regionalwettbewerbs der LegoLeague, AYPT-Vorbereitung) hatten sie mein vollstes Vertrauen.

Kaputte Sicherungen oder durchgebrannte Dioden waren die einzigen durch „an die Grenzen gehen“ verursachten Schäden, die schließlich gemeinsam behoben wurden.

5.1.8 Unterscheidung qualitativ - quantitativ

Der Unterschied zwischen den verschiedenen Experimenttypen wurde von einer Gruppe folgendermaßen erklärt:

„Zum Beispiele der Boyle Mariotte-Apparat: Wenn man nur zusammendrückt und sieht, dass sich der Druck vergrößert, dann ist es ein Freihandexperiment, wenn man zeigt, dass sich der Druck verdoppelt, wenn man das Volumen halbiert, dann ist es halb quantitativ, wenn man, so wie wir das pV-Diagramm mit echten Messwerten zeichnet, dann ist es quantitativ.“ Als Zusatz: „Wenn wir bitte bei der Matura mit einem ähnlichen Gerät das Volumen berechnen müssen, geben Sie die Wandstärke an.“ (Um das Volumen des Gefäßes auszurechnen können sie mit einfachen Mitteln nur den Außendurchmesser messen.)

5.2 Ergebnisse zu Ziel 2

5.2.1 Modellbildung

Schüler entwickeln eigene Modelle, und veränderten bekannte Versuchsanleitungen so, dass sie eine Überprüfung dieser Modelle erlaubten.

Solche Ideen waren:

- aus den aufgebauten NAND-Gattern der einzelnen Gruppen einen Halbaddierer herstellen, wie es im Informatikunterricht besprochen wurde.
- die Bestimmung der relativen Permeabilität verschiedener Eisenkerne über Magnetfeldmessung mit der Hall-Sonde
- die Messung des Randwinkels nicht nur von unterschiedlichen Flüssigkeiten und Oberflächen, sondern auch auf verschiedenen präparierten Oberflächen (z.B mit Öl getränktes Papier).
- unterschiedliche Kombination von Solarzellen

5.2.2 Forschendes Lernen

Der Satz „Das müssen wir jetzt genauer messen“ erwies sich bei einer Gruppe als Standardsatz und das Läuten kam oft zu früh. Es waren vor allem die drei Schüler, die bereits beim AYPT dabei waren, die die anderen durch ihre Arbeitshaltung immer wieder motivierten, das Messergebnis zu verbessern und Abweichungen zu hinterfragen.

Sie bemerkten auch, dass es wichtig ist, die Funktionsweise von Messgeräten zu verstehen um sie optimal zur Messung zu nutzen. So verbrachten sie etliche Zeit, um bessere Anleitungen für die Hallsonde zu finden. Manchmal wählten sie selbständig eine Variation des Experiments, um ein besseres/genaueres Ergebnis zu erhalten.

5.3 Ergebnisse auf Lehrerinnenebene

Als Ergebnis des Projekts gibt es nun zu den gewählten Themengebieten einen Katalog von Experimenten samt den zugehörigen Anleitungen (meist aus Büchern, Arbeitsanleitungen aus Schülerversuchskästen bzw. Anleitungen für Experimente mit dem TI-Nspire), die sich für die Reifeprüfung grundsätzlich als brauchbar dargestellt haben.

Das momentane Portfolio gehört natürlich für andere Klassensituationen (Schwerpunkte, Studententafel) überarbeitet.

Im Portfolio befinden sich Versuche, vom Demonstrationsexperiment bis zur Messung. Es gibt bis auf eine Ausnahme zu jedem Themengebiet mehrere Aufgaben.

5.3.1 Überblickstabelle

(TI) bedeutet, dass dieser Versuch mit Hilfe des TI-Nspire-Rechners und Sensoren auszuführen ist.

Geogebra: Die Auswertung des Versuches erfolgt über ein Foto, das in Geogebra vermessen wird.

NR.	THEMENGEBIET	VERSUCHE	INHALTSPUNKTE
1	Astronomie, Astrophysik, Kosmos	Rotation eines Körpers an Gummiband (TI), Fallröhre, verschiedene Waagen	Weltbilder, Keplersche Gesetze, Sonnensystem, Sternentwicklung, Gleichgewicht in Sternen, Besondere Objekte, Universum, Urknall
2	Berühmte Experimente	Fotoeffekt, Fallröhre, Messung der Lichtwellenlänge, Leiterschaukelversuch, Ørsted, Prisma	Fallversuche von Galileo Galilei, Newtonsche Experimente zur farbenholographischen Interferenzversuche, Messung der Lichtwellenlänge am Gitter, R. und Michelson messen die Lichtgeschwindigkeit, Ørsted'scher Versuch, U. schaukelversuche, Michelson und Morley, Hertz elektromagnetische Wellen, s. der Elementarladung, Rutherford'scher Streuversuch, Fermi Hahn Me. Uranspaltung, Doppelspaltexperiment, Photoeffekt, Eratosthenes
3	Erhaltungsgrößen	Drehschemel und Schwungrad, Hohl- und Vollzylinder/Maxwellsches Rad, Stoßgesetze	Energie, Impuls, Drehimpuls, Rechnen mit Energiebilanzen, Kiesel
4	Bewegungen	Rotation eines Körpers an Gummiband, Fallbeschleunigung (TI), Pendelschwingungen (TI), schiefe Ebene	Translation, Rotation, Schwingung: Größen, Beschreibung, Berechnung, Anwendungsbeispiele
5	Energie, Arbeit und Leistung	Joule'sche Wärme, Stromzähler, Reibung, Bestimmung des Wirkungsgrades	Mechanische Energieformen, Energie der mechanischen und elektrischen Schwingungen, Wärmeenergie, Hauptsätze der Wärmelehre, Wirkungsgrad, Arbeit, Leistung des Gleich- und Wechselstroms
6	Modelle und Konzepte	Lichtbrechung, Polarisierung, Bestimmung der Elementarladung, Zentrifuge, Foucault, Trägheit	Begriffsdefinition, Atommodelle, Dualismus, Quanten, ideales Gas, Newtonsches Huygenessesches Prinzip, Scheinkräfte, Planetenbewegung, 1/r Gesetze, Mittelpunkt, Licht, Allgemeine Massenanziehung, Trägheit, Elektron.
7	Teilchenbewegung und Temperatur	Luftpumpe und Ventil, Temperatur verschiedener Flächen, Wärmekapazität (TI)	Temperatur und Wärme, Wärmekapazität und Heizwert, Hauptsätze der Wärmelehre, Gasgesetze, Wirkungsgrad, Kühlbrunn und Wärmepumpe, Wärmekraftmaschinen, Solarthermie
8	Aufbau der Materie	Reibungselektrizität, Benetzung Geogebra	Historische Entwicklung Dalton, Rosinenkuchenmodell, Rutherford, Bohr, Sch. Modell, Kernmodelle, Quarks, Elementarteilchen
9	Schwingungen und Wellen	Doppelpendel (TI), Stehende Wellen, Doppereffekt-apparat, Resonanz mit Stimmgabeln (TI)	Harmonische Schwingungen, Größen, Schwingungsgleichung, Pendel, Dämpfererzwungene Schwingung, Rückkopplung und Resonanz, Größen bei Wellen, Wellengleichung, Reflexion, Interferenz, Stehende Wellen, Doppelerffekt, H.
10	Licht - Entstehung und Ausbreitung	Eigenschaften von LASERstrahlen: Reflexion, Brechung, Beugung, Polarisierung	Licht als EM Welle, Ausseendevorgang, Huygenessesches Prinzip, Lichtgeschwindigkeit, Messung, LASER
11	Optische Phänomene	Mit Laser: Reflexion und Brechung, Absorptionsspektren, Polarisierung und Doppelbrechung	Reflexion, Brechung, Interferenz, Beugung, Polarisierung, stehende Lichtwellen
12	Teilchen und Wellen	Fotoeffekt, Doppelspaltexperiment	Beugung von Elektronenwellen, Photoeffekt und Doppelspaltexperiment, Hebergsche Unschärfe
13	Felder	Bestimmung der Gravitationsfeldstärke (TI), Sichtbarmachung von Magnetfeldern	Arten, Gesetzmäßigkeiten, Darstellung, Sichtbarmachung, Größen zur Berechnung der Feldstärke, Potential
14	Elektrodynamik	Ørsted, Leiterschaukelversuche, Lenz, Induktion in Spule	Ørsted'scher Versuch, Strom und Magnetfeld, Lorentzkraft, Induktion, Lenz'sche Regel, Wechselstrom, Wechselstromwiderstände, Anwendungen
15	Information und Kommunikation	Diode als Gleichrichter, Transistor schaltungen, Kippstufen (TI), logische Schaltungen, Kennlinien (TI)	Halbleiterphysik, einfache elektronische Schaltungen, elektrischer Schwingkreis, EM Wellen
16	Elektromagnetische Strahlung	UV-Lampe, Gammastrahlung mit Geigerzähler, Solarzelle (TI)	EM Spektrum, Entstehung/Erzeugung Eigenschaften und Anwendung der einzelnen Strahlungsarten, Gefahren
17	Relativitätstheorie		Grundprinzipien der SRT, Effekte, Äquivalenz von Masse und Energie, Masseffekt, Grundzüge der ART
18	Wechselwirkungen	Versuche mit Geigerzähler : Alphafenster, Abschirmung	Starke (Kernzerfall, Alpha-Strahlung), schwache (Beta plus und Beta minus -Zerfall, Elektromagnetische-, Gravitations -WW- Gesetzmäßigkeiten Beschreibung, Berechnung, Auswirkungen, Vergleiche

Abbildung 8: Raster mit Themengebieten, Versuchen und Inhalten (vergrößerte Version im Anhang)

5.3.2 Beispiel für verfeinerten Raster mit Themengebieten, Versuchen, Geräten und Punkten



		Vergleiche die verschiedenen Waagen und begründe bei zwei beliebigen Beispielen rechnerisch die Unterschiede	Planetenwaagen aus Planetarium	1
2	Berühmte Experimente	Fotoeffekt	Zinkplatte+Elektroskop+Hartgummistab+Katzenfell Lampe+ Drossel Glasplatte auf Stativ	3
		Fallröhre	NL-Fallröhre + Vakuumgerät	2
		Messung der Lichtwellenlänge	Laser+Gitter auf Stativ Maßband, Geodreieck, TR	2
		Leiterschaukelversuch	Stativ+Isolierstange+Kabel Netzgerät Hufeisenmagnet	2
		Örsted	Socket+Isolierstützen+Kabel Netzgerät Magnetnadel, Magnetfeldsonde	2
		Newtonsche Experimente zu Farben	Optische Bank+ Reuterlampe +Kondensator Spalt + Sammellinsen Prismatisch + Prismen	3
		Bestimmung der Elementarladung	Becherglas+Elektroden+Krokodklemmen+Kabel Netzgerät Multimeter, Stoppuhr	3
3	Erhaltungsgrößen	Schwungrad als Kreisel	Schwungrad + Kreisel	1
		Drehschemel und Schwungrad	Drehschemel +Schwungrad	2
		Hohl- und Vollzylinder	Hohl- + Vollzylinder Regalbrett	1
		Maxwellsches Rad	Stative Rad	1
		Stoßgesetze	Luftkissenbahn + Reiter + Zubehör Gebläse + Schlauch	3
4	Bewegungen	Rotation eines Körpers an Gummiband (TI)	TI+easylink+Kraftsensor Körper, Gummiband (Feder)	2
		Fallbeschleunigung (TI)	TI+easylink+Bewegungssensor Ball Oder Kugelfallgerät+Zähler+Kabel	2
		Pendelschwingungen mit Lichtschranken	Stativ+Faden+Masse Stativ+Feder+Masse Lichtschranken Digitalzähler (Netzstecker!)	3
		schiefe Ebene	Schiefe Ebene+ Kraftmesser Wagerl+Massen Taschenrechner	2
		Reibung	Schiefe Ebene Gleitkörper mit versch. Oberflächen Taschenrechner	1
5	Energie, Arbeit und Leistung	Hubarbeit	Kraftmesser+Körper Maßband+Taschenrechner	1
		Energie mit Stromzähler messen	Heizplatte+Topf+Deckel Zähler + Verteiler Taschenrechner	2
		Pendel – Energieumwandlung	Fadenpendel+Geodreieck TI+easylink+Bewegungssensor	2
		Bestimmung des Wirkungsgrades	Dewargefäß+Heizspirale+Netzgerät Becherglas+elektron. Waage TI+easylink+Temperatursensor	3

Abbildung 9: Versuchsraster mit Punktebewertung (vergrößerte Version im Anhang)

5.3.3 Einschränkungen

Hier möchte ich anmerken, dass ich Simulationen nicht als experimentelle Aufgaben betrachte, wenngleich verschiedene Experimente (Photoeffekt, Beugung, usw.) zum besseren Verständnis im Regelunterricht auch mit entsprechenden Anwendungen simuliert wurden.

Als Alternative zu im Prüfungsumfeld nicht durchführbaren Experimenten sind Simulationen durchaus notwendig. Dies ist aber nicht Thema dieser Arbeit.

5.3.4 Formulierung als Prüfungsaufgabe

Sollen die Versuche anlässlich der Reifeprüfung nur beschrieben und nicht vorgezeigt werden, kann die Formulierung <Demonstrieren Sie> auch umgewandelt werden in <Beschreiben Sie einen Versuch zur Demonstration von ...>. Je nach Kompetenzstufe kann ein anderer Deskriptor verwendet werden.

Eine solche Formulierung kann auch als Absicherung verwendet werden, falls aus irgendwelchen Gründen der Versuch nicht durchgeführt werden kann. Es wäre denkbar, dass man die Frage ein zweites Mal im Katalog hat, mit der beschreibenden Formulierung.

Beispiel für eine praktische Aufgabenstellung:

3. Demonstrieren Sie mit der Luftkissenbahn den geraden elastischen und den inelastischen Stoß und diskutieren Sie die Formeln anhand der Beobachtung.

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 \text{ und } v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1.$$

$$v' = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

$$E' = \frac{m_1}{m_1 + m_2} E$$

Abbildung 10: Maturafrage mit praktischer Aufgabe

6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK

6.1 Die Matura

Wie ist nun die Maturavorbereitung abgelaufen?

Es wurde zu den 18 Themengebieten bis auf eine Ausnahme je eine Frage mit Experiment und eine ohne vorbereitet. Die Fragen mussten schon relativ früh fertiggestellt werden, da sie auf einem USB-Stick in der Direktion abgegeben werden mussten. Ich war relativ unsicher über das gesamte Procedere während der Matura, ob die Vorbereitungszeit lang genug sein würde usw., daher habe ich im letzten Moment einige Fragen insofern entschärft, als ich statt „Demonstriere ...“ die Formulierung „Beschreibe einen Versuch, der ... demonstriert“ gewählt habe.

In den vier Vorbereitungsstunden war natürlich keine Zeit, die Experimente noch einmal durchzugehen. Es wurden nur organisatorische Fragen dazu besprochen. Daher wurde den Kandidaten freigestellt, selbstständig in der Sammlung zu arbeiten, was einer der beiden auch annahm. Ich war zwar anwesend, erledigte aber in der Zwischenzeit Kustodiatsarbeit und stand nur bei Problemen zur Seite.

Von Vorteil war, dass es nur zwei Schüler waren und die beiden am selben Halbtage die Prüfung hatten. Daher dauerte die teilweise Blockierung der Physiksammlung nur wenige Tage.

Es wurden zwei Tage vorher in der Physiksammlung drei Experimentierwagen mit den Geräten, Zubehör, Stativmaterial, Kabeln usw. vorbereitet, die Labcradles und Ersatzrechner wurden geladen, Sensoren bereitgestellt, Schülerversuchskästen zur Elektrizität und Elektronik vervollständigt, die Teile auf Funktionstüchtigkeit überprüft und das ganze am Abend vorher in den Prüfungsraum gebracht. Im Vorfeld hatte ich in Erwägung gezogen, die Reifeprüfung in den Physiksaal zu verlegen, bei mehr als zwei Kandidaten ist das sicher eine anzustrebende Option.

Trotzdem halte ich den von mir getätigten Aufwand für sehr groß, das Risiko, dass dann doch etwas fehlt oder nicht funktioniert ist bei so vielen Experimenten nicht zu vernachlässigen und der Kandidat oder die Kandidatin kämen dadurch unnötig in eine Stresssituation.

6.2 Handlungsdimensionen

In der Richtlinie des Bundesministeriums für die kompetenzorientierte Reifeprüfung Physik¹⁰ wird in Kapitel III „Implementierung des Experimentes bei der mündlichen Reifeprüfung“ dieselbe Methode vorgeschlagen wie sie auch im gegenständlichen Fall durchgeführt wurde. Aus einer Ansammlung von Gerätschaften und Teilen soll sich der Prüfling die Dinge aussuchen, die für den Versuch notwendig sind.

Ich habe bei den Experimenten bewusst auf das selbständige „Erfinden“ eines Experiments verzichtet. Die Eigenständigkeit im Denken und die Fähigkeit, weiterführende Schlussfolgerungen zu ziehen lassen sich auch verbal überprüfen. Meines Erachtens ist die Reifeprüfung nicht der geeignete Rahmen dafür, von den Kandidaten und Kandidatinnen zu verlangen, selbständig Experimente zu finden.

¹⁰ https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepruefung_ahs_lfph.pdf?4k21fs Seite 13 (22.7.2016)

6.3 Mögliche Vorgangsweisen bei praktischen Experimenten während der mündlichen Matura

Um für den Prüfer, die Prüferin die Arbeit einigermaßen überschaubar zu machen, könnte mir für die praktische Matura aus Physik verschiedene Szenarien vorstellen:

6.3.1 Vorgezogene Ziehung

Voraussetzung ist, dass es sich um einen späteren Prüfungstermin am Halbtage handelt und die Lehrperson nicht zu viele Prüfungen an diesem Tag hat.

Hier zieht der Schüler oder die Schülerin die Frage aus Physik nicht erst beim Antreten, sondern schon zu Beginn des Prüfungshalbtages. Er bekommt das Ergebnis der Ziehung allerdings nicht zu Gesicht, das sieht nur die Kommission.

Dann weiß die Lehrperson, welcher Versuch demonstriert werden soll und hat so genügend Zeit, Material vorzubereiten.

6.3.2 Unabhängige Laborfrage: Eingeschränkte Versuchszahl

Von den vorbereiteten und den Schülern bekannten Versuchen wird vom Prüfer bzw. der Prüferin nur eine eingeschränkte Anzahl (z. B. zehn), für diesen Maturatermin vorbereitet. Die Schülerinnen und Schüler wissen nicht welche, ein Experiment ist aber - unabhängig vom gewählten Themengebiet - Teil der Frage.

6.3.3 Unabhängige Laborfrage: Eins aus zwei

Die Lehrperson bereitet für jeden Prüfling unabhängig von den Themengebieten zwei Versuche vor, einen davon muss er ausführen.

6.4 Fortsetzung des Projekts

6.4.1 Wiederholung in Folgejahren

In den nächsten Jahren werde ich vermutlich Maturanten im musikalischen Zweig haben, die werden vermutlich, wie in früheren Jahren, eher Freihandversuche oder kurze Messungen mit dem TI-Nspire durchführen.

Im übernächsten Schuljahr werde ich eine achte Klasse im Labor übernehmen. Mit dieser werde ich das Projekt in ähnlicher Form durchführen, weil sich gezeigt hat, dass sich die Schülerinnen und Schüler viel intensiver mit den Problemen rund um die Experimente selbst beschäftigen und dadurch einen wesentlich tieferen Einblick in die Thematik bekommen.

6.4.2 Empfehlung

Persönlich kann ich den Kollegen und Kolleginnen das projektorientierte, forschende Lernen im Labor, im Kontext (aber nicht nur) der Matura auf Grund meiner Erfahrung sehr empfehlen.

6.5 Sensorik – Messen mit dem TI-Nspire

Die Verwendung des TI-Nspire im Physikunterricht bietet auch für die Matura große Möglichkeiten. Hier können ohne großen Aufwand Messungen vorgenommen werden, die Ergebnisse sofort aufbereitet, grafisch dargestellt und interpretiert werden.

Aus einem Weg-zeit Diagramm lässt sich eine Beschleunigung ermitteln, ebenso ein Durchschnittswert oder aus anderen Messungen die Standardabweichung.

Der Vorteil ist, dass die Schülerinnen und Schüler diesen Rechner bereits seit der fünften Klasse in Mathematik verwenden und daher mit seinen Funktionen sehr gut vertraut sind. Trotzdem waren sie verblüfft, wie einfach sich mit Hilfe des easyLink-Interfaces und entsprechenden Sensoren Messungen vornehmen lassen.

7 LITERATUR

Schwarzer, Mag. Dr. Michael, (2014), Experimente bei der mündlichen Physikmatura *IMST 1155*

Langsam, Mag. Franz, Langsam, Mag. Renate (2009). Farbe verbindet. *Imst 1504*.

ALTRICHTER, Herbert & POSCH, Peter (1998). *Lehrer erforschen ihren Unterricht. Eine Einführung in die Methoden der Aktionsforschung*. Dritte erw. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

KIRCHER, Ernst ; Girwidz, Raimund ; Häußler, Peter (2013) *Physikdidaktik : Eine Einführung*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.

KÜHNELT, Helmut (2002). *Physikalische Grundbildung – eine Annäherung in Beispielen*. In: Konrad Kraimer, Willibald Dörfler, Helga Jungwirt, Helmut Kühnelt, Franz Rauch, Thomas Stern (Hsrg.), *Lernen im Aufbruch: Mathematik und Naturwissenschaften. Pilotprojekt IMST²* (S.88-94). Innsbruck, Wien, München, Bozen: StudienVerlag.

SEXL, Roman (2012) *Physik 5, 6, 7, 8* Wien:ÖBV

TIPLER, Paul (2004) *Physik für Wissenschaftler und Ingenieure* München: Elsevier GmbH

WEINERT, Franz (2001): *Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – Eine umstrittene Selbstverständlichkeit*. In: Weinert, Franz E. (Hg.): *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim u. Basel, S. 27 f.

ACKERL, Bernhard, LANG, Christof & SCHERZ, Hermann (2001). *Fächerübergreifender Unterricht mit experimentellem Schwerpunkt am Beispiel NWL BG/BRG Leibnitz. MS Pilotprojekt IMST² 2000/01*. Online unter: <http://imst2.uni-klu.ac.at/innovationen/> [31.3.2005].

KRAUTZ Jochen (2015) *Kompetenzen machen unmündig* Online unter http://www.gew-berlin.de/public/media/20150622_streit1-kompetenzen.pdf [22.7.2016]

BMBF (2012) *Physik* Online unter: https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepuefung_ahs_lfph.pdf?4k21fs [22.7.2016]

Texas Instruments (2016) *TI-Nspire™ CX CAS Handheld* Online unter: <https://education.ti.com/en/us/products/calculators/graphing-calculators/ti-nspire-cx-cas-handheld/tabs/overview> [22.7.2016]

<http://www.univie.ac.at/pluslucis/PlusLucis/151/S38.pdf> (22.7.2016)

DeSeCo publications: <https://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Laborbeispiele mit Raster für die Punktevergabe (vergrößerte Version siehe Anhang)	10
Abbildung 2: Teil einer Versuchsliste, wie sie Schülerinnen erstellt haben	14
Abbildung 3: Identifikation der Schülerinnen und Schüler mit dem Projekt	15
Abbildung 4: Eigenständigkeit im Zurechtfinden in der Sammlung vorher	16
Abbildung 5: Eigenständigkeit im Zurechtfinden in der Sammlung nachher	16
Abbildung 6: Eigenständigkeit vor dem Labor	17
Abbildung 7: Eigenständigkeit nach dem Labor	17
Abbildung 8: Raster mit Themengebieten, Versuchen und Inhalten (vergrößerte Version im Anhang)	19
Abbildung 9: Versuchsraaster mit Punktebewertung (vergrößerte Version im Anhang)	20
Abbildung 10: Maturafrage mit praktischer Aufgabe	21

ANHANG

Anhang 1 Laborbeispiele mit Raster für die Punktevergabe

Physik Labor [Imst] – Versuche zu Bewegung und Trägheit

1. Verwendung von Lichtschranken:

Schwierigkeit	Aufwand	Aufbauzeit	Messzeit	Themenbezug	Besonderheit

- Einzelarbeit: Messung der Schwingungsdauer eines Federpendels

Verwende dazu eine Gabellichtschranke und postiere sie so, dass der Pendelkörper den Lichtstrahl an seinem unteren Umkehrpunkt unterbricht.

Zähle mit dem Digitalzähler, wie viele Unterbrechungen in 10 Sekunden stattfinden und bestimme daraus Frequenz und Schwingungsdauer. Bestimme die Federkonstante der Feder und berechne die Schwingungsdauer als Vergleich.

- Einzelarbeit: Messung der Schwingungsdauer eines Fadenpendels

Verwende dazu eine Gabellichtschranke und postiere sie so, dass der Pendelkörper den Lichtstrahl während der Schwingung unterbricht.

Zähle, wie viele Unterbrechungen in 10 Sekunden stattfinden und bestimme daraus Frequenz und Schwingungsdauer. Bestimme die Länge des Pendels und berechne die Schwingungsdauer als Vergleich.

- Partnerarbeit: Bestimme die Reaktionszeit deines Versuchspartners B 5 S 21

2. Messung der schiefen Ebene mit dem Ultraschallsensor

Schwierigkeit	Aufwand	Aufbauzeit	Messzeit	Themenbezug	Besonderheit

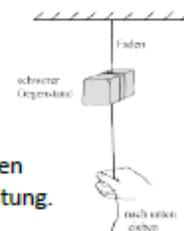
Partnerarbeit: Beweise das bei der Berechnung der schiefen Ebene (Buch 5 S 23) erhaltene Ergebnis, dass die Endgeschwindigkeit nicht vom Gefälle abhängt, sondern nur von der Höhendifferenz. (Vlg. Schisprung)

3. Trägheit

Schwierigkeit	Aufwand	Aufbauzeit	Messzeit	Themenbezug	Besonderheit

Einzelarbeit: Eine Masse ist an einem dünnen Faden aufgehängt, am unteren Ende ist wieder ein Faden befestigt. Ziehe zuerst langsam, dann ruckartig an dem Faden an, bis er reißt. Notiere Deine Beobachtung.

Begründe, das Versuchsergebnis



4. Reibungskoeffizient

Schwierigkeit	Aufwand	Aufbauzeit	Messzeit	Themenbezug	Besonderheit

Bestimme mit der schiefen Ebene die Haftreibungskoeffizienten für verschiedene Oberflächen.

https://elearning.physik.uni-frankfurt.de/data/FB13-PhysikOnline/lm_data/lm_282/auto/kap04/cd095.htm

Anhang 2 Raster mit Themengebieten, Versuchen und Inhalten

1	Astronomie, Astrophysik, Kosmos	Rotation eines Körpers an Gummiband (T), Fallröhre, verschiedene Waagen	Weltbilder, Keplersche Gesetze, Sonnensystem, Sternentwicklung, Gleichgewichte in Sternen, Besondere Objekte, Universum, Urknall
2	Berühmte Experimente	Fotoeffekt, Fallröhre, Messung der Lichtwellenlänge, Leiterschaukelversuch, Örsted, Prisma	Falkversuche von Galileo Galilei, Newtonsche Experimente zur Farbenlehre, Huygensche Interferenzversuche, Messung der Lichtwellenlänge am Gitter, Foucault und Michelson messen die Lichtgeschwindigkeit, Örstedscher Versuch, Leiterschaukelversuche, Michelson und Morley, Hertz elektromagnetische Wellen, Bestimmung der Elementarladung, Rutherford'scher Streuversuch, Fermi Hahn Meißner, Uranspaltung, Doppelspaltexperiment, Photoeffekt, Eratosthenes
3	Erhaltungsgrößen	Drehschemel und Schwungrad, Hohl- und Vollzylinder/Maxwellsches Rad, Stoßgesetze	Energie, Impuls, Drehimpuls, Rechnen mit Energiebilanzen, Kreiselpendel
4	Bewegungen	Rotation eines Körpers an Gummiband, Fallbeschleunigung (T), Pendelschwingungen (T), schiefe Ebene	Translation, Rotation, Schwingung: Größen, Beschreibung, Berechnung, Anwendungsbeispiele
5	Energie, Arbeit und Leistung	Joule'sche Wärme, Stromzähler, Reibung, Bestimmung des Wirkungsgrades	Mechanische Energieformen, Energie der mechanischen und elektrischen Schwingungen, Wärmeenergie, Hauptsätze der Wärmelehre, Wirkungsgrad, Arbeit, Leistung des Gleich- und Wechselstroms
6	Modelle und Konzepte	Lichtbrechung, Polarisierung, Bestimmung der Elementarladung, Zentrifuge, Foucault, Trägheit	Begriffsdefinition, Atommodelle, Dualismus, Quanten, ideales Gas, Newtonsches Huygensches Prinzip, Scheinkräfte, Planetenbewegung, $1/r^2$ Gesetze, Mittelpunkt, Licht, Allgemeine Massenanziehung, Trägheit, Elektron, Gravitationsfeld
7	Teilchenbewegung und Temperatur	Luftpumpe und Ventil, Temperatur verschiedener Flächen, Wärmekapazität (T)	Temperatur und Wärme, Wärmekapazität und Heizwert, Hauptsätze der Wärmelehre, Gasgesetze, Wirkungsgrad, Kühlbrunn und Wärmepumpe, Wärmekapazitäten, Solarthermie
8	Aufbau der Materie	Reibungselektrizität, Benetzung Geogebra	Historische Entwicklung Dalton, Rosinenkuchenmodell, Rutherford, Bohr, Schermodell, Kernmodelle, Quarks, Elementarteilchen
9	Schwingungen und Wellen	Doppelpendel(T), Stehende Wellen, Dopplereffekt-apparat, Resonanz mit Stimmgabeln(T)	Harmonische Schwingungen, Größen, Schwingungsgleichung, Pendel, Dämpfer, erzwungene Schwingung, Rückkopplung und Resonanz, Größen bei Wellen, Wellengleichung, Reflexion, Interferenz, Stehende Wellen, Dopplereffekt, Huygens
10	Licht - Entstehung und Ausbreitung	Eigenschaften von LASERstrahlen: Reflexion, Brechung, Beugung, Polarisierung	Licht als EM Welle, Aussendevorgang, Huygensches Prinzip, Lichtgeschwindigkeit, Werte, Messung, LASER
11	Optische Phänomene	Mit Laser: Reflexion und Brechung, Absorptionsspektren, Polarisierung und Doppelbrechung	Reflexion, Brechung, Interferenz, Beugung, Polarisierung, stehende Lichtwellen
12	Teilchen und Wellen	Fotoeffekt, Doppelspaltexperiment	Beugung von Elektronenwellen, Photoeffekt und Doppelspaltexperiment, Heisenbergsche Unschärfe
13	Felder	Bestimmung der Gravitationsfeldstärke (T), Sichtbarmachung von Magnetfeldern	Arten, Gesetzmäßigkeiten, Darstellung, Sichtbarmachung, Größen zur Berechnung der Feldstärke, Potential
14	Elektrodynamik	Örsted, Leiterschaukelversuche, Lenz, Induktion in Spule	Örstedscher Versuch, Strom und Magnetfeld, Lorentzkraft, Induktion, Lenz'sche Regel, Wechselstrom, Wechselstromwiderstände, Anwendungen
15	Information und Kommunikation	Diode als Gleichrichter, Transistor schaltungen, Kippstufen (T), logische Schaltungen, Kennlinien (T)	Halbleiterphysik, einfache elektronische Schaltungen, elektrischer Schwingkreis, EM Wellen
16	Elektromagnetische Strahlung	UV-Lampe, Gammastrahlung mit Geigerzähler, Solarzelle (T)	EM Spektrum, Entstehung/Erzeugung Eigenschaften und Anwendung der einzelnen Strahlungsarten, Gefahren
17	Relativitätstheorie		Grundprinzipien der SRT, Effekte, Äquivalenz von Masse und Energie, Masseffekt, Grundzüge der ART
18	Wechselwirkungen	Versuche mit Geigerzähler : Alphafenster, Abschirmung	Starke- (Kernzerfall, Alpha-Strahlung), schwache- (Betaplust und Beta minus -Zerfall, Elektromagnetische-, Gravitations -WW- Gesetzmäßigkeiten Beschreibung, Berechnung, Auswirkungen, Vergleiche

Anhang 3 Versuchsrastrer mit Punktebewertung

		Vergleiche die verschiedenen Waagen und begründe bei zwei beliebigen Beispielen rechnerisch die Unterschiede	Planetenwaagen aus Planetarium	1
2	Berühmte Experimente	Fotoeffekt	Zinkplatte+Elektroskop+Hartgummistab+Katzenfell Lampe+ Drossel Glasplatte auf Stativ	3
		Fallröhre	NL-Fallröhre + Vakuumgerät	2
		Messung der Lichtwellenlänge	Laser+Gitter auf Stativ Maßband, Geodreieck, TR	2
		Leiterschaukelversuch	Stativ+Isolierstange+Kabel Netzgerät Hufeisenmagnet	2
		Örsted	Socket+Isolierstützen+Kabel Netzgerät Magnetnadel, Magnetfeldsonde	2
		Newtonsche Experimente zu Farben	Optische Bank+ Reuterlampe +Kondensator Spalt + Sammellinsen Prismen + Prismen	3
		Bestimmung der Elementarladung	Becherglas+Elektroden+Krokodklemmen+Kabel Netzgerät Multimeter, Stoppuhr	3
3	Erhaltungsgrößen	Schwungrad als Kreisel	Schwungrad + Kreisel	1
		Drehschemel und Schwungrad	Drehschemel +Schwungrad	2
		Hohl- und Vollzylinder	Hohl- + Vollzylinder Regalbrett	1
		Maxwellsches Rad	Stative Rad	1
		Stoßgesetze	Luftkissenbahn + Reiter + Zubehör Gebläse + Schlauch	3
4	Bewegungen	Rotation eines Körpers an Gummiband (TI)	TI+easylink+Kraftsensor Körper, Gummiband (Feder)	2
		Fallbeschleunigung (TI)	TI+easylink+Bewegungssensor Ball Oder Kugelfallgerät+Zähler+Kabel	2
		Pendelschwingungen mit Lichtschranken	Stativ+Faden+Masse Stativ+Feder+Masse Lichtschranken Digitalzähler (Netzstecker!)	3
		schiefe Ebene	Schiefe Ebene+ Kraftmesser Wägerl+Massen Taschenrechner	2
		Reibung	Schiefe Ebene Gleitkörper mit versch. Oberflächen Taschenrechner	1
5	Energie, Arbeit und Leistung	Hubarbeit	Kraftmesser+Körper Maßband+Taschenrechner	1
		Energie mit Stromzähler messen	Heizplatte+Topf+Deckel Zähler + Verteiler Taschenrechner	2
		Pendel – Energieumwandlung	Fadenpendel+Geodreieck TI+easylink+Bewegungssensor	2
		Bestimmung des Wirkungsgrades	Dewargefäß+Heizspirale+Netzgerät Becherglas+elektron. Waage TI+easylink+Temperaturcensor	3