



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

Erweiterung des Schulbuchs „Einführung in die Mechanik“
zum Handbuch für Lehrkräfte

verfasst von / submitted by

Magdalena Schneider

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat)

Wien, 2017 / Vienna, 2017

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 412 406

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Physik UF Mathematik

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Eidesstattliche Erklärung

Ich, Magdalena Schneider, erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Datum

Unterschrift

Danksagung

Zuallererst möchte ich mich bei allen Lehrkräften und Autoren, die ich im Rahmen der Diplomarbeit interviewen durfte, bedanken.

Auch bei allen Personen, welche mich bei der Fertigstellung unterstützt haben, möchte ich mich herzlich bedanken.

In erster Linie möchte ich meinem Freund Thomas dafür danken, dass er mir immer den Rücken freigehalten hat.

Auch meiner guten Freundin Cornelia, möchte ich für die kreativen und abwechslungsreichen Gespräche der letzten Monate danken.

Ein großes Dankeschön möchte ich auch an meine Mutter richten, da sie mich von Anfang an unterstützt und an mich geglaubt hat.

Abschließend möchte ich mich noch bei Prof. Dr. Martin Hopf für die tolle Betreuung bedanken.

Inhalt

1.	Einleitung.....	6
1.1.	Vorstellung des Unterrichtskonzeptes	6
1.2.	Entwicklung eines Handbuches für Lehrkräfte	7
2.	Fachdidaktische Grundlagen	10
2.1.	Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten	10
2.2.	Schülervorstellungen in der Mechanik	11
2.2.1.	Schülervorstellungen zur Kinematik:	12
2.2.2.	Kraftvorstellungen.....	12
2.2.3.	Kraft und Bewegung	13
2.2.4.	Kraft und Aktivität.....	14
3.	Allgemeine Grundlagen zur Forschungsmethode.....	15
3.1.	Grundprinzipien qualitativer Interviews	15
3.2.	Interviewformen	16
3.2.1.	Leitfaden-Interview	16
3.2.2.	Fokussiertes Interview	17
3.2.3.	Narratives Interview	17
3.3.	Planung von Interviews	17
3.3.1.	Entwicklung eines Leitfadens	18
3.4.	Inhaltsanalyse nach Mayring	20
3.5.	Techniken qualitativer Inhaltsanalyse	20
3.6.	Ablaufmodell der Analyse.....	21
3.6.1.	Materialanalyse.....	23
3.6.2.	Bestimmung der Fragestellung.....	23
3.6.3.	Spezielle Analysetechniken.....	24
4.	Planung und Durchführung der Interviews.....	30
4.1.	Entwicklung eines Interviewleitfadens für Lehrkräfte	30
4.2.	Durchführung der Interviews	31
4.3.	Beschreibung des Materials der Lehrkräftebefragung	32
4.1.	Entwicklung eines Interviewleitfadens für die Autoren	34
5.	Durchführung der Inhaltsanalyse	35
5.1.	Begründung der Analysetechnik - Lehrkräftebefragung.....	35
5.2.	Konkreter Ablauf der inhaltlichen Strukturierung.....	35
5.3.	Auswertung der Autoreninterviews.....	40
6.	Ergebnisse	42
7.	Ergebnis der Autorenbefragung	67
8.	Diskussion	74
8.1.	Vorwort:	75
8.2.	Flanke – Kopfball – Tor!!!	77
8.3.	Die Darstellung und Beschreibung von Bewegungen.....	77
8.4.	Wie schnell? Wohin?	78
8.4.1.	Tempo.....	79
8.4.2.	Richtung.....	80
8.4.3.	Geschwindigkeit.....	80
8.5.	Die Zusatzgeschwindigkeit.....	81
8.5.1.	Die Zusatzgeschwindigkeit als Folge einer Einwirkung.....	81
8.5.2.	Konstruktion der Endgeschwindigkeit	82
8.5.3.	Konstruktion der Zusatzgeschwindigkeit	82
8.6.	Die Newtonsche Bewegungsgleichung	84
8.7.	Anwendungen der Newtonschen Bewegungsgleichung	86
8.7.1.	Das Beharrungsprinzip	87
8.8.	Das Wechselwirkungsprinzip.....	88
8.9.	Kraftarten	89
8.10.	Wenn mehrere Kräfte wirken.....	89
9.	Abbildungsverzeichnis.....	90
10.	Literaturverzeichnis	91

11.	Anhang	94
11.1.	Interviewleitfaden Lehrkräftebefragung	94
11.2.	Interviewleitfaden Autorenbefragung.....	96
11.3.	Inhaltsanalyse der Lehrkräftebefragung.....	97
11.4.	Inhaltsanalyse der Autorenbefragung	126
11.5.	Musterlösungen	130
11.6.	Zusammenfassung	153

1. Einleitung

1.1. Vorstellung des Unterrichtskonzeptes

Der Lehrgang unterscheidet sich anhand der Sachstruktur wesentlich vom traditionellen Einführungsunterricht der Mechanik.

Der klassische Unterricht baut auf einen statischen Zugang zur Mechanik auf. Dabei wird die Geschwindigkeit als Betragsgröße definiert. Mittels dieser eindimensionalen Größe ist es Schülerinnen und Schülern nicht möglich eine Kreisbewegung als eine Bewegung zu erkennen, deren Geschwindigkeit nicht konstant ist. (vgl. Tobias, 2010:8)

Das Konzept, welches in der Zusammenarbeit von den Physikdidaktikern Wiesner, Waltner, Tobias, Hopf und Wilhelm auf Grundlage von Lernschwierigkeiten, entwickelt wurde, führt die Größen der Geschwindigkeit und Kraft vektoriell anhand der Dynamik ein.

Der Einstieg führt über die zweidimensionale Kinematik, ausgehend von der Beschreibung von Bewegungen mittels Geschwindigkeitspfeilen. (vgl. Tobias, 2010:63-64)

Die Zusatzgeschwindigkeit wird als neuer Begriff erarbeitet und die Erkenntnis, dass die Zusatzgeschwindigkeit immer eine Folge der Einwirkung ist, vertieft. Die Idee dahinter wird durch folgende einsichtige Vorstellung beschrieben: „Von nichts kommt nichts“ beziehungsweise „Ohne Einwirkung keine Änderung“.

Hierbei wird die Kraft als Verursacherin von Bewegungsänderungen eingeführt.

Durch die anschließend dynamische Einführung der Kraft tritt das zweite Newtonsche Axiom, an erster Stelle, in Form der Newtonschen Bewegungsgleichung in den Vordergrund¹.

Anhand von Kugelstoßversuchen werden die Beziehungen zwischen Kraft, Zusatzgeschwindigkeit, Masse und Einwirkungsdauer untersucht und anhand der Newtonschen Bewegungsgleichung $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$ zusammengefasst. (vgl. Tobias, 2010:64)

Sämtliche Alltagsbeispiele werden anhand dieser Formel anschließend diskutiert.

Das erste Newtonsche Axiom, der Trägheitssatz, ergibt sich als Spezialfall der Newtonschen Bewegungsgleichung und wird Beharrungsprinzip genannt.

Anschließend wird das Wechselwirkungsprinzip behandelt.

¹ <http://www.thomas-wilhelm.net/mechanikprojekt.htm>

Das Kapitel über Kraftarten gibt einen phänomenologischen Überblick über verschiedene Kräfte. Abschließend wird die Addition von Kräften anhand von Pfeilen geübt und der Bogen zur Statik wird anschließend über das Kräftegleichgewicht als Spezialfall gespannt. Bei der Einführung in die Mechanik wird auf den Beschleunigungsbegriff weitgehend verzichtet, da dieser Begriff den Schülerinnen und Schülern erhebliche Schwierigkeiten bereitet. (vgl. Wiesner et al, 2012:3)

Die Einführung der Beschleunigung ist an dieser Stelle aber auch nicht nötig, da durch die Newtonsche Bewegungsgleichung sämtliche Beschreibungen von Bewegungen ohne diesen Begriff erfolgen. (vgl. Hopf et al., 2009:2)

Die Statik wird, als Spezialfall am Ende eingeführt, da es sich gezeigt hat, dass die Umkehrung, nämlich die Verallgemeinerung von der Statik auf die Dynamik bei den Schülerinnen und Schülern nicht so gut gelingt. (vgl. Tobias, 2010:68).

Es konnte nachgewiesen werden, dass durch die Einführung der Mechanik anhand des zweidimensional-dynamischen Lehrganges signifikant bessere Lernerfolge erreicht werden konnten. (vgl. Tobias, 2010:246)

1.2. Entwicklung eines Handbuches für Lehrkräfte

Da durch die Anwendung des Konzeptes gute Lernerfolge nachgewiesen werden konnten, liegt es nahe Lehrkräfte bei der Verwendung zu unterstützen. Dabei soll das Konzept so erweitert werden, dass Lehrkräften bei der Planung der Unterrichtsdurchführung und bei der Nachbereitung, Ideen, Tipps und bewährte Materialien zur Verfügung gestellt werden.

Die Erweiterung wird in Form von Randnotizen erfolgen. Der Entwurf von geeigneten Randnotizen, welche die Lehrkräfte im Umgang mit dem Konzept unterstützen, ist das Ziel der Diplomarbeit.

Dabei stellt sich als erstes die Frage, welche Informationen, Tipps und Tricks für Lehrkräfte im Unterricht sinnvoll sind. Erste Eindrücke darüber kann man im Piko-Brief Nr. 4 finden, indem die Merkmale guten Unterrichts dargestellt sind:

- Ist fachlich konsistent und schlüssig
- Knüpft am Vorwissen, an Schülervorstellungen und Alltagserfahrungen an
- Berücksichtigt Interessen, Selbst-Konzept, Einstellungen der Schülerinnen und Schüler
- Gibt Gelegenheiten, aus Fehlern zu lernen

- Fordert das Denken heraus
 - Bietet Methoden- und Medienvielfalt – aber keine Beliebigkeit
 - Gibt Gelegenheiten zum Üben
 - Unterstützt das Lernen nachhaltig
 - Legt Wert auf Klassengespräche, in denen die Schüler eine Stimme haben
 - Vermeidet eng geführte Klassengespräche
 - Vernetzt Neues auf vielfältige Weise mit bereits Bekanntem
 - Bietet eine Vorschau auf das Neue
 - Bettet Experimente sinnvoll ein, erlaubt vielfältige Formen des Experimentierens
 - Bettet neue Inhalte in Anwendungskontexte ein
- (vgl. Piko-Brief 4, Duit/Wodzinski, 2010:3/4)

Da die Sachstruktur des Buches durch bekannte Lernschwierigkeiten begründet ist, andererseits die Anknüpfung an Schülervorstellungen und deren Alltagserfahrung als Merkmal guten Unterrichts beschreibt, kann im Vorfeld schon ein wichtiger Aspekt zur Unterstützung der Lehrkräfte konkretisiert werden. Da Schülervorstellungen eine wichtige Rolle beim Lernen einnehmen (vgl. Piko-Brief 1, Duit et al., 2010:1) ist die Kenntnis dieser für Lehrkräfte sehr wichtig. In diesem Brief beschreibt Duit die Doppelrolle von Schülervorstellungen beim Lernen von Physik. „Diese sind einerseits notwendiger Anknüpfungspunkt des Lernens – andererseits aber auch Lernhemmnis. [...] Das „Neue“ kann immer nur aus der Perspektive des bereits „Vorhandenen“ interpretiert werden.“ (vgl. Piko-Brief 1, Duit et al., 2010:1).

Dazu werden im Rahmen der Arbeit sämtliche, auf den Lehrgang zutreffende Schülervorstellungen zusammengetragen und an den passenden Stellen im Lehrgang beim Entwurf der Randnotizen eingefügt.

Um darüber hinaus ein Bild davon zu bekommen, welche Informationen für Lehrkräfte sinnvoll sind, wurde der Lehrerband des Buches *Conceptual Physics* von P. Hewitt analysiert (vgl. Hewitt, 2009). Hierbei wurden die im Buch auftretenden an die Lehrkräfte gerichteten Randnotizen studiert und zusammengetragen, um weitere Anhaltspunkte für die Auswahl von geeigneten Randnotizen zu treffen. Zusätzlich wurden die Lehrerbegleitbücher *Mechanik I* (vgl. Wiesner et al., 2011/2012) und *Mechanik II* (vgl. Wilhelm et al., 2013) für weitere Aspekte herangezogen.

Diese vorbereitenden Maßnahmen dienen als Vorlage bezüglich der unterschiedlichen Arten, des Umfangs und der möglichen Positionen der zu entwickelnden Randnotizen. Somit kann das formale Gerüst dieser Randnotizen grob strukturiert werden. Offen bleibt aber, welche Ideen, welches bewährte Unterrichtsmaterial, welche Hinweise und vor allem welche Tipps eine Lehrkraft tatsächlich im Umgang mit dem Konzept bestmöglich unterstützen.

Dies kann nur im Gespräch mit Lehrkräften, die bereits Erfahrungen mit dem Konzept sammeln konnten, eruiert werden. Durch die Befragung dieser Lehrkräfte, können Hinweise zu Verständnisschwierigkeiten, Tipps und Hilfestellungen direkt in Erfahrung gebracht werden.

Mittels Leitfaden, wird eruiert, wo sich die Lehrkräfte mehr Unterstützung wünschen und welche Vorschläge und bewährte Materialien zum Einsatz gekommen sind um den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu unterstützen. Auf Grundlage dieser Lehrkräftebefragung können abschließend geeignete Randnotizen entworfen werden.

2. Fachdidaktische Grundlagen

In diesem Abschnitt werden die Begriffe Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten erläutert und zusammengefasst.

2.1. Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten

Schülerinnen und Schüler entwickeln bereits lange vor dem Unterricht aus Alltagserfahrungen eigene Vorstellungen und Konzepte zu Phänomenen und Begriffen. Obwohl diese Vorstellungen meist in sich widersprüchlich sind und nicht mit den entsprechenden physikalischen Konzepten übereinstimmen, haben sich diese im umgangssprachlichen Gebrauch bewährt und sind zum Teil so tief in der Denkweise der Lernenden verankert, sodass sich ein Loslösen davon als sehr schwierig erachtet. Schülervorstellungen können aber auch spontan im Unterricht durch ein Experiment erzeugt beziehungsweise gefördert werden.

Obwohl die Entwicklung der Vorstellungen als individueller Prozess abläuft, ist es möglich diese ihrem Typus entsprechend zu beschreiben. Es kann grob zwischen allgemeinen und spezifischen Schülervorstellungen unterschieden werden, wobei die Veränderung erstgenannter schwerer zu vollziehen ist. Ein Beispiel einer allgemeinen Schülervorstellung ist die Verbrauchsvorstellung, dabei stellt man sich vor, dass ein Ablauf nur unter Verbrauch aufrecht erhalten werden kann. (vgl. Wiesner/Schecker/Hopf, 2011:34) Das betrifft beispielsweise passend zur Mechanik die Vorstellung, dass sich ein Körper nur dann bewegt, solange eine Kraft wirkt. Ist diese „aufgebraucht“, so kommt er zum Stillstand. (vgl. Müller/Wodzinski/Hopf, 2011:108)

Unter einer allgemeinen Schülervorstellung kann man sich beispielsweise auch das Ursache-Wirkungs-Schema im physikalischen Kontext vorstellen. In diesem erfolgt die Wirkung auf die Ursache zeitlich verzögert. Auch die Vorstellung, Kraft als Eigenschaft kann als allgemeine Schülervorstellung angesehen werden. Einer spezifischen Schülervorstellung entspricht die Denkweise, dass die Geschwindigkeit bei einer Kreisbewegung immer konstant ist.

Es wird grundsätzlich zwischen einerseits den oben beschriebenen Schülervorstellungen, den vorunterrichtlichen Wissens- und Denkstrukturen und andererseits zwischen Lernschwierigkeiten unterschieden, wenn der lernhindernde Aspekt angesprochen wird.

Man kann prinzipiell sach-, lehr-, und innenbedingte Lernschwierigkeiten unterscheiden welche wie folgt beschrieben werden.

Während sich sachbedingte Lernschwierigkeiten auf die Komplexität des Inhaltes zurückführen lassen, sind lehrbedingte Lernschwierigkeiten mangelnder fachdidaktischer Überlegungen oder unangemessener fachlicher Darstellungen geschuldet. Hervorgerufen werden solche lehrbedingten Lernschwierigkeiten unter anderem dadurch, dass Schlüsselideen oder Key-Ideas nicht auf den Punkt gebracht werden, dass Analogien oder Ankerbegriffe ungünstig ausgewählt und ausschließlich idealisierte Fälle betrachtet werden. Innenbedingten Lernschwierigkeiten hingegen beruhen auf dem Zusammenspiel der in den Köpfen der Lernenden bereits vorhandenen Denkstrukturen und dem neu zu erwerbenden Wissen.

(vgl. Wiesner/Schecker/Hopf, 2011:34-37)

2.2. Schülervorstellungen in der Mechanik

Dieser Abschnitt gibt eine Übersicht über die für das Konzept Einführung in die Mechanik relevanten Schülervorstellungen.

Spezielle Organisatoren, anhand derer Schülerinnen und Schüler physikalische Situationen betrachten und strukturieren, lassen sich nach in drei Bereiche unterteilen.

Unter dem Organisator der Intension versteht man eine Strukturierung, infolgedessen die Lernenden einzelnen Körpern bestimmte Absichten beziehungsweise Intensionen unterstellen.

Werden hingegen einzelnen Körpern passive und aktive Rollen zugeschrieben so wird dies unter dem Organisator von Aktivität und Ursache zusammengefasst.

Der dritte Organisator, die Überwindungsvorstellung beschreibt die Interpretation der Addition von Kräften oder Bewegungen als Wettkampf. (vgl. Müller/Wodzinski/Hopf, 2011:107)

2.2.1. Schülervorstellungen zur Kinematik:

- Bewegung meint den Bewegungsablauf als Ganzes, nicht die momentane Bewegung.
- Die Richtung einer Bewegung ist das Ziel des Bewegungsablaufs.
- Geschwindigkeit ist Schnelligkeit.
- Beschleunigen heißt schneller werden.

(vgl. Müller/Wodzinsky/Hopf, 2011:108)

Die Schülervorstellungen zur Beschreibung von Bewegungen unterscheiden sich einerseits dadurch, dass die Bewegung als Eigenschaft eines Körpers gesehen wird und somit Bewegung und Ruhe als etwas komplett Unterschiedliches aufgefasst wird. Weiters steht für Schülerinnen und Schüler das Ursachendenken im Mittelpunkt um eine Bewegung zu beschreiben. Darüber erfolgt die Beschreibung einer Bewegung anhand der kompletten Bewegung, einem Bewegungsmuster.

Weiters führt ein fehlendes Verständnis der Geschwindigkeit als vektorielle Größe dazu, eine Kreisbewegung als unbeschleunigte Bewegung einzustufen, da der Betrag der Geschwindigkeit konstant ist. Zusätzlich wird das Lernen durch einen falsch verstandenen Richtungsbegriff aus dem Alltag erschwert: Zwei Körper weisen die gleiche Bewegungsrichtung auf, wenn sie auf das gleiche Ziel zusteuern.

(vgl. Müller/Wodzinsky/Hopf, 2011:109)

2.2.2. Kraftvorstellungen

- Kraft ist die Fähigkeit, etwas zu bewirken; Kraft = Energie
- Körper können Kraft haben, auch ohne sie auszuüben.
- Kräfte wirken oder bewirken etwas; Kraft als „Täter“
- Kraft ist etwas Übertragbares; Kraft = Kraftstoß

(vgl. Müller/Wodzinsky/Hopf, 2011:108)

Da der Kraftbegriff im Sprachgebrauch derart allgegenwärtig ist, lassen sich darauf viele Lernschwierigkeiten begründen.

Folgende Bedeutungen der Kraft lassen sich nach Jung zusammenfassen:

- Aktive äußere Kräfte, die „angreifen“. Sie sind in das Aktivitätsschema eingeordnet. (d.h. diese Kräfte werden von Körpern ausgeübt, die aktiv etwas tun, sei es, daß sie sich bewegen oder sich anstrengen.)
- Widerstände, die keine „richtigen“ Kräfte sind, sondern Wirkungen von Passivität andeuten.
- Kraft als Potenz, die man „hat“, die man ausüben kann, aber nicht muss.
- Kraft als übertragene Kraft, im Sinne von Kraftstoßfähigkeit. Die meisten Schüler machen keinen Unterschied zwischen Kraft und Kraftstoß. Damit ist auch die Vorstellung von Kraft als einer Art Energie verbunden.
- Kraft als selbstständige Entität, die „lauert“ und Befehle ausführt.

(vgl. Jung et al, 1981:15)

2.2.3. Kraft und Bewegung

- Ein bewegter Körper hat Kraft, und zwar umso mehr, je schneller er sich bewegt.
- Wenn ein Körper sich bewegt, wirkt eine Kraft in Richtung der Bewegung, im Sinne einer Antriebskraft.
- Ein Körper bewegt sich, solange die Bewegungs- oder Antriebskraft in der Lage ist, die Bewegungswiderstände zu überwinden.
- Wirken mehrere Kräfte auf einen Körper ein, so bewegt er sich in Richtung der resultierenden Kraft.
- Wirkt keine Kraft auf einen Körper, oder ist die Summe der Kräfte null, dann bewegt sich der Körper nicht.
- Kraft wird in der Bewegung verbraucht.

(vgl. Müller/Wodzinsky/Hopf, 2011:108)

Die Verknüpfung von Kraft und Bewegung ist in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler tief verankert. Während die Anfangsgeschwindigkeit ausgeblendet wird, wird nur eine Verbindung zwischen Kraft und Endgeschwindigkeit gesehen. Darüber hinaus wird unter der Ausübung einer Kraft eher mit dem „Bewegung geben“ als mit „Bewegung vermindern“ assoziiert.

(vgl. Müller/Wodzinsky/Hopf, 2011:111)

2.2.4. Kraft und Aktivität

- Nur aktive (d.h. sich bewegende oder lebende) Körper können Kräfte ausüben. Passive Körper leisten Widerstand. (Aktivitätsschema)

(vgl. Müller/Wodzinsky/Hopf, 2011:108)

Es wird vermutet, dass mehrere Organisatoren dafür verantwortlich sind, dass sich Schülerinnen und Schüler nur ungern von dieser Vorstellung lösen. Bewegten Körpern werden einerseits die Eigenschaft der Aktivität und unbewegten Körpern die Eigenschaft der Passivität zugeschrieben. Zusätzlich erschwert die ungleiche Rollenverteilung, von aktiven und passiven Zuschreibungen, das Verständnis des Wechselwirkungsprinzips.

(vgl. Müller/Wodzinsky/Hopf, 2011:111)

3. Allgemeine Grundlagen zur Forschungsmethode

Während in der qualitativen Forschung die Daten anhand transkribierter Befragungen vorliegen ist es nicht möglich, wie bei der quantitativen Forschung den Gegenstand standardisiert zu erfassen. Vielmehr geht es bei der qualitativen Forschung die interpretative Auswertung der Daten. (vgl. Bortz/Döring, 1995:271/272)

Mittels qualitativer Forschung ist es möglich, unterschiedliche Interpretationen von Begriffen zu unterscheiden und zu verstehen, ob diese für die befragte Person überhaupt relevant sind. Diese Unterschiede in der Sinngebung entstehen durch Kommunikationssituationen und können durch die Erfassung von kontextbezogenen Äußerungen sinngemäß interpretiert werden.

In quantitativer Forschungsverfahren hingegen wird die Sinngebung der Befragten Person oder deren Relevanzeinschätzungen nicht berücksichtigt da von Beginn an von einer gemeinsamen Verständigungsgrundlage ausgegangen wird. (vgl. Helfferich, 2005: 19).

Obwohl die qualitative und die quantitative Forschung sich unter anderem in der Datenerhebung, Auswertung und im Forschungsgegenstand unterscheiden, können auch im Zuge der qualitativen Forschung Quantifizierungen in Form Übereinstimmungen unterschiedlicher Deutungen gemessen werden. (vgl. Bortz/Döring, 1995:271/272)

3.1. Grundprinzipien qualitativer Interviews

Da der Zugang zur Sinngebung der befragten Person in Interviews, sogenannten Kommunikationssituationen zugänglich ist, kann das erste Grundprinzip, die Kommunikation genannt werden.

Da qualitative Daten im Zuge einer Befragung, einer zwischenmenschlichen Interaktion, aufgenommen werden, fließt auch der Einfluss der interviewführenden Person mit in die Daten ein. Das zweite Grundprinzip, die Offenheit, verdeutlicht die Gestaltung eines offenen Gesprächsraumes in dem die befragte Person die Möglichkeit eingeräumt wird, sich über das was für sie persönlich wichtig ist zu äußern. Dabei wird der befragten Person genug Raum zur Verfügung gestellt, sich über die eigne Sinngebung zu äußern.

Vertrautheit und Fremdheit beschreibt als Grundprinzip die Positionierung der Befragungsteilnehmer. Interviewende müssen sich unterschiedlicher Sinngebungen bewusst sein und diese anerkennen. Darüber hinaus soll dafür Sorge getragen werden, dass Erfahrungen und eigene Sinngebungen nicht auf die befragten Personen übertragen werden.

Reflexivität als viertes Grundprinzip beschreibt die eigene Wahrnehmung der Interviewenden.

(vgl. Helfferich, 2005: 22ff)

3.2. Interviewformen

Die qualitative Befragung ist eine der wichtigsten Grundtechniken zur Erhebung qualitativer Daten. Dabei stehen unter anderem Erfahrungen, Sichtweisen und Meinungen der befragten Personen im Forschungsfokus.

Im Gegensatz zur quantitativen Befragung, tritt hierbei die interviewführende Person als interessierter Gesprächspartner in den Vordergrund.

(vgl. Bortz/Döring, 1995:283)

Die unterschiedlichsten Interviewformen finden in der qualitativen Forschung ihren Platz. Sie unterscheiden sich meist durch ihre verschiedenen strukturellen Anforderungen anhand derer man die Befragung durchführen will.

Es folgt eine Übersicht sowie kurze Beschreibung einiger wichtiger Interviewformen.

Neben den beschriebenen Interviewformen gibt es in der Literatur noch viele weitere sowie verschiedenste Mischformen.

3.2.1. Leitfaden-Interview

Der Aufbau des Leitfadens, des häufigsten Interviewtyps, besteht aus Haupt- und weiterführenden Detaillierungsfragen. Durch die Struktur kann eine gewisse Vergleichbarkeit der Äußerungen gewährleistet werden. Diese grobe Struktur ist aber so vorgegeben, dass auch auf ein spontanes Ausschweifen oder auf interessante Aspekte, die nicht Teil des Interviewleitfadens sind, eingegangen werden kann. (vgl. Bortz/Döring, 1995:287)

Darüber hinaus kann die Reihenfolge oder die Formulierung der Fragen variiert werden (vgl. Helfferich, 2005:24)

3.2.2. Fokussiertes Interview

Die Charakteristik dieses Leitfadeninterviews liegt in der Fokussierung auf einen bestimmten Gegenstand. (vgl. Helfferich, 2005:24)

Zusätzlich beschreibt J.Bortz, dass der Interviewleitfaden durch die Analyse des fokussierenden Objektes entsteht, dessen im Vorfeld aufgestellten Hypothesen anhand der Befragung geprüft werden können.

Dabei kann es sich um einen Film, ein Buch, ein Foto oder ein anders Objekt handeln. Im Vorfeld wird ein Interviewleitfaden. Dabei ist die Gesprächsführung nicht direktiv. (vgl. Bortz/Döring, 1995:291)

3.2.3. Narratives Interview

Das narrative Interview ist durch einen vom Interviewenden initiierten Monolog charakterisiert. Das Interview folgt keinem Leitfaden und besitzt keine strukturierten Vorgaben. Die Person, die das Interview führt, hält sich bis auf einige Nachfragen im Hintergrund. (vgl. Helfferich, 2005:24) Im Gegensatz zum fokussiertem Interview ist hier nicht der Reiz eines Gegenstandes, sondern beispielsweise die Erlebnisse oder die Abläufe im Leben einer Person von Interesse.

(vgl. Bortz/Döring, 1995:292)

3.3. Planung von Interviews

Im Folgenden sind die Schritte anhand derer ein qualitatives Interview geplant und durchgeführt werden kann dargestellt.

Grundsätzlich muss zu Beginn der Forschungsgegenstand präzisiert werden. Das betrifft sowohl die Festlegung relevanter inhaltlichen Themenbereiche als auch die Auseinandersetzung damit, was man als Erhebungsziel oder Ergebnis darstellen möchte.

In weiterer Folge wird eine realistische Einschätzung der Stichprobengröße, unter Berücksichtigung des Forschungsgegenstandes, veranschlagt. Auch die Entscheidung für eine Zielgruppe muss sorgfältig durchdacht sein.

Aufbauend auf die oben beschriebenen Schritte wird in Abhängigkeit der Entscheidungen eine passende Interviewform oder eine Mischform ausgewählt.

Anschließend kann das Grundgerüst von Erzählaufforderungen oder der Erstellung eines Leitfadens entworfen werden.

Nach diesen grundlegenden Vorüberlegungen erfolgt nun die Klärung weiterer Aspekte in Bezug auf die Interaktion der Interviewpartner. Das sind beispielsweise neben der Auswahl der Räumlichkeiten, Vereinbarung gemeinsamer Verhaltensregeln oder der Festlegung in welchem Verhältnis die beiden Personen zueinander stehen. Darüber hinaus müssen im Vorfeld unter anderem auch Entscheidungen zu Rekrutierungswege, des möglichen Zeitaufwands der befragten Personen und zur Erfassung der Daten getroffen werden.

(vgl. Helfferich, 2005:149)

Zuzüglich zum zumutbaren Zeitaufwand, der für die Befragten in Erwägung gezogen wird muss auch unter Umständen auch der zeitliche Aufwand zur Transkription und der Analyse der Daten ins Auge gefasst werden.

3.3.1. Entwicklung eines Leitfadens

Der Leitfaden als geeignetes Instrument ist durch seinen Forschungsgegenstand begründet. In diesem sind Fragestellungen oder Erzählaufforderungen festgehalten wobei sich seine Gestalt anhand des Interviewtypus orientiert.

Den Grundprinzipien qualitativer Forschung zu genügen ist eine wesentliche Anforderung an den Leitfaden. Darüber hinaus ist durch seinen Aufbau und Inhalt Sorge zu tragen, dass während des Interviews genügend Zeit zum Nachdenken und für Äußerungen zur Verfügung steht.

Ein übersichtlicher Aufbau stellt sicher, dass die Aufmerksamkeit des Interviewenden auf die Erzählperson gerichtet bleibt, wobei die Reihenfolge der Fragestellung gemäß dem logischen Sprachverlauf oder der Argumentationskette berücksichtigt werden muss.

Ein guter Leitfaden zeichnet sich nicht durch eine scheinbare komplette Abdeckung der Fragen aus, sondern es soll genug Freiraum zur Verfügung stehen damit auf Vertiefungen oder Erweiterungen eingegangen werden kann. Eventuell notierte Fragen sollten auch nicht wortwörtlich im Sinne des Grundprinzips der Kommunikation abgelesen werden.

Zusätzlich zu diesen Anforderungen kann man die Fragen anhand ihrer unterschiedlichsten Eigenschaften in dem Leitfaden zu strukturieren. Diese können einerseits durch ihren Rang unterschieden werden. Unter Fragen mit hohem Rang werden zum Erzählen auffordernde Fragen verstanden, während Nachfragen einen kleineren Rang aufweisen. Die Interviewfragen können sich zusätzlich durch die Art, wie sie am Leitfaden festgehalten werden unterschieden werden. Diese können bereits komplett ausformuliert oder nur stichwortartig notiert sein. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal betrifft die Verbindlichkeit der Frage, ob diese beispielsweise nur optional oder erst am Ende gestellt wird.

Das letzte Unterscheidungsmerkmal beschreibt Steuerungs- oder auch Aufrechterhaltungsfragen, durch dessen Einsatz das Tempo der Erzählung beeinflusst werden kann. Um einen Leitfaden zu erarbeiten kann man folgendermaßen Schritt für Schritt vorgehen. Im ersten Schritt werden alle Fragen, die für den Forschungsgegenstand relevant sind zusammengetragen. Diese Fragen werden anschließend im zweiten Schritt anhand des Vorwissens und im Hinblick auf den Erkenntniswunsch entsprechend reflektiert. Abschließend wird im letzten Schritt der Aufbau und die Fragen auf die methodische Eignung geprüft beziehungsweise ob sich das erstellte Instrument für den Forschungsgegenstand eignet.

(vgl. Helfferich, 2005: 160/161)

3.4. Inhaltsanalyse nach Mayring

Infolge der unterschiedlichsten Begriffsdefinitionen der Inhaltsanalyse fasst Philipp Mayring die Aufgabenbereiche und Vorgangsweisen der Inhaltsanalyse wie folgt zusammen.

Ausgangsmaterial einer Inhaltsanalyse ist meist die Kommunikation in Form von Sprache. Darüber hinaus kann aber auch Kommunikation in Form von Musik oder Bildern ebenso das Ausgangsmaterial für eine Inhaltsanalyse darstellen. Diese Kommunikation ist fixiert, das bedeutet, dass diese protokolliert oder anderweitig festgehalten wird. Sofern die Möglichkeit besteht verläuft die Inhaltsanalyse systematisch nach expliziten Regeln um Nachvollziehbarkeit und Überprüfbarkeit zu gewährleisten und um sich so zusätzlich von hermeneutischen Verfahren abzugrenzen.

Das theoriegeleitete Vorgehen, also der Anknüpfung der Erfahrungen anderer zu gewissen Gesichtspunkten gilt ebenso als wichtiger Aspekt einer guten Inhaltsanalyse.

Das Ziel der Inhaltsanalyse ist nicht ausschließlich auf die Analysierung des Materials beschränkt, vielmehr können auch Aussagen über bestimmte Aspekte des Kommunikationsprozesses getroffen werden.

(vgl. Mayring, 2008:12ff)

3.5. Techniken qualitativer Inhaltsanalyse

Ganz wesentlich für die Überprüfbarkeit der qualitativen Inhaltsanalyse ist die Entwicklung systematischer qualitativer Verfahren. Hierbei soll die qualitative Inhaltsanalyse nicht als Gegenstück zur quantitativen Inhaltsanalyse verstanden werden. Vielmehr werden quantitative Schritte sinnvoll eingebaut.

Da das Material in den Kommunikationszusammenhang eingebettet ist, kann es aus diesem heraus auch immer verstanden werden. Darüber hinaus stellt ein systematisches und regelgeleitetes Vorgehen, durch ein beispielsweise festgelegtes Ablaufmodell, das Kernstück einer qualitativen Inhaltsanalyse dar.

Mit dem Kategoriensystem, mit deren Hilfe die Ziele der Analyse konkretisiert werden, kann später die Nachvollziehbarkeit anderer beziehungsweise die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet werden. Dieses Kategoriensystem stellt somit den zentralen Punkt der qualitativen Inhaltsanalyse dar. Weiters soll unter dieser Analyse nicht ein-

fach nur ein reines Anwenden bestimmter Techniken verstanden werden. Die drei Grundtechniken von Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung beschreiben vielmehr Verfahrensweisen, welche immer wieder an den Forschungsgegenstand individuell angepasst werden müssen.

Dadurch, dass auf standardisierte Verfahren verzichtet wird, sind diese nicht mehr vergleichbar. Um trotzdem eine Überprüfbarkeit zu gewährleisten, können die Verfahren in einer Pilotstudie getestet werden.

Da der Prozess der qualitativen Inhaltsanalyse durch nicht standardisierte Verfahren geprägt ist, steht immer die Theoriegeleitetheit, also der Stand der Forschung zum Gegenstand, bei allen Entscheidungen zur Vorgangsweise, im Vordergrund.

Infolgedessen muss von Gütekriterien quantitativer Analysen abgesehen werden. Eine große Bedeutung hat dabei die sogenannte Interoderreliabilität. Darunter versteht man, dass mehrere Personen eine qualitative Inhaltsanalyse am Material vornehmen. Die Ergebnisse der Analysen werden anschließend miteinander verglichen.

(vgl. Mayring, 2008: 48–52)

3.6. Ablaufmodell der Analyse

Im Folgenden wird der allgemeine Ablauf einer Inhaltsanalyse besprochen sowie die verschiedenen Grundformen der Analysetechniken vorgestellt. Wie in untenstehender Abbildung ersichtlich besteht die Inhaltsanalyse aus mehreren Teilschritten, wobei die angewendete Analysetechnik vom Material und von der Fragestellung abhängig ist.

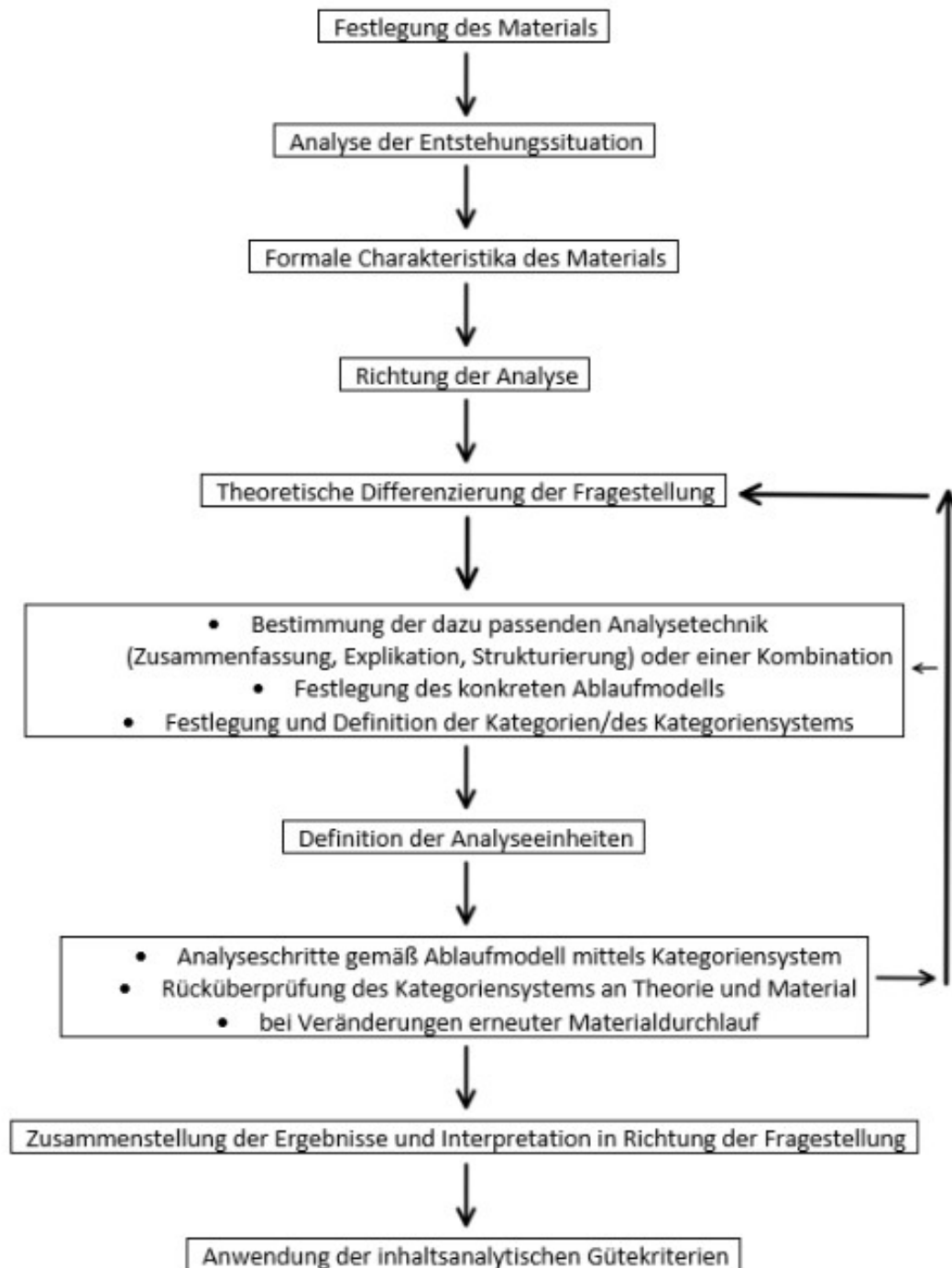


Abbildung 1 - Allgemeines Ablaufmodell (nach Mayring, 2010:60)

3.6.1. Materialanalyse

Am Beginn einer qualitativen Inhaltsanalyse steht eine genaue Betrachtung des Ausgangsmaterials, um zu bestimmen welche Inhalte daraus interpretiert werden können.

Diese Materialanalyse lässt sich nach Mayring in drei Schritte unterteilen:

Eine genaue Festlegung welches Material für die Inhaltsanalyse herangezogen wird, muss gleich im ersten Schritt erfolgen. Verändert man die Auswahl während der Analyse, so muss dies nachvollziehbar begründet werden.

Darüber hinaus wird im zweiten Schritt der Analyse die Entstehungssituation der Materialien ins Auge gefasst. Von besonderem Interesse sind hier alle an der Entstehung des Materials mitwirkenden Interagenten und der Handlungshintergrund der Person, die das Material verfasst hat. Weiters sind unter anderem sind auch Angaben zur Zielgruppe, zur konkreten Entstehungssituation sowie zum soziokulturellem Hintergrund anzugeben.

Schlussendlich wird das Material im letzten Schritt anhand formaler Charakteristika beschrieben. Dabei wird angegeben in welcher Form das Material vorliegt. Da das Material, der gesprochene Text, durch die Transkription beeinflusst oder verändert werden kann, können zusätzlich Protokollierungsregeln festgehalten werden.

(vgl. Mayring, 2008:52ff)

3.6.2. Bestimmung der Fragestellung

Nach erfolgreicher Materialanalyse muss entschieden werden, muss die Richtung der Analyse bestimmt werden.

Mögliche Richtungen einer Analyse sind beispielsweise Aussagen über den emotionalen oder kognitiven Zustand des Kommunikators zu treffen, oder aber auch nur den Text selbst zu analysieren.

Darüber hinaus muss die Inhaltsanalyse auch einer theoretisch begründeten, also an der bisherigen Forschung angebundenen, Fragestellung folgen.

(vgl. Mayring, 2008:56)

3.6.3. Spezielle Analysetechniken

Abhängig davon, was mit dem zu interpretierendem Material geschieht kann man drei Grundformen des Interpretierens unterscheiden:

Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung.

Auf diese drei Grundformen lassen sich alle bisherigen Techniken systematischer Interpretationen zurückführen.

(vgl. Mayring, 2008: 64)

Diese Grundformen bilden den Ausgangspunkt spezieller inhaltsanalytischen Techniken deren Auswertungsschritte im Folgenden grob umrissen werden.

3.6.3.1. Zusammenfassende Inhaltsanalyse

Das Ziel dieser Analyse ist, ein reduziertes Abbild des Materials zu erzeugen, wobei die wichtigsten Informationen erhalten bleiben sollen.

Die inhaltstragenden Textstellen werden anhand von festgelegten Regeln paraphrasiert und ausschmückende Textbestandteile, die keinen Inhalt tragen, aussortiert.

Durch die Bestimmung eines Abstraktionsniveaus können nachfolgend durch festgelegte Regeln Paraphrasen generalisiert werden. Die dadurch entstandenen inhaltsgleichen Paraphrasen werden im vierten Schritt gestrichen. Im letzten Schritt werden nun inhaltsgleiche im Material verstreute Paraphrasen gebündelt. Diese Vorgangsweise kann bei großen Materialmengen auch in einem Schritt geschehen. Abschließend wird das Kategoriensystem am Ausgangsmaterial rücküberprüft.

(vgl. Mayring, 2008:96)

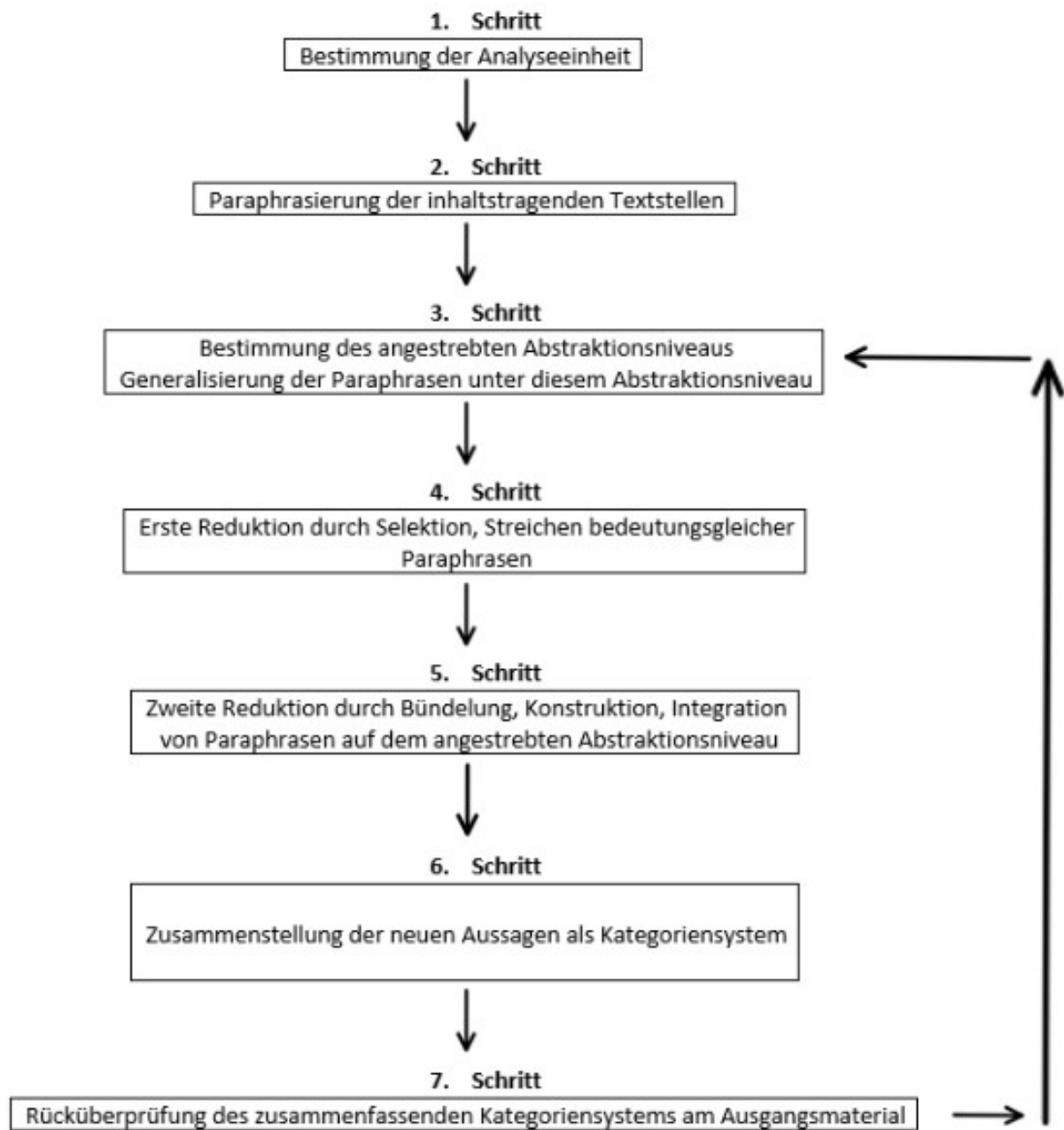


Abbildung 2 - Ablaufmodell Zusammenfassende Inhaltsanalyse (nach Mayring, 2010:68)

3.6.3.2. Explikation

Im Gegensatz zur zusammenfassenden Inhaltsanalyse wird bei der Explikation zusätzliches Material zu den interpretierenden Textstellen angefügt. Nach sorgfältiger Auswahl der zu explizierenden Textstelle und deren Analyse aufgrund grammatischer und lexikalischer Bedeutung wird im dritten Schritt entschieden, welches Material zur Explikation herangezogen werden soll. Die Sammlung von Materialien unterscheidet sich durch solche, die in direkter Beziehung zur betreffenden Textstelle stehen und solchen, die ergänzend Zusatzmaterialien über den Text hinaus betreffen. Im vorletzten Schritt wird von diesen Textstellen ausgehend eine explizierende Paraphrase formuliert. Die Explikation kann abschließend dadurch überprüft werden, indem der Gesamtzusammenhang bei Einsetzung der Paraphrasen in das zu replizierende Material stimmig ist.

(vgl. Mayring, 2008:85)

Abbildung 3 stellt die einzelnen Schritte grafisch dar:

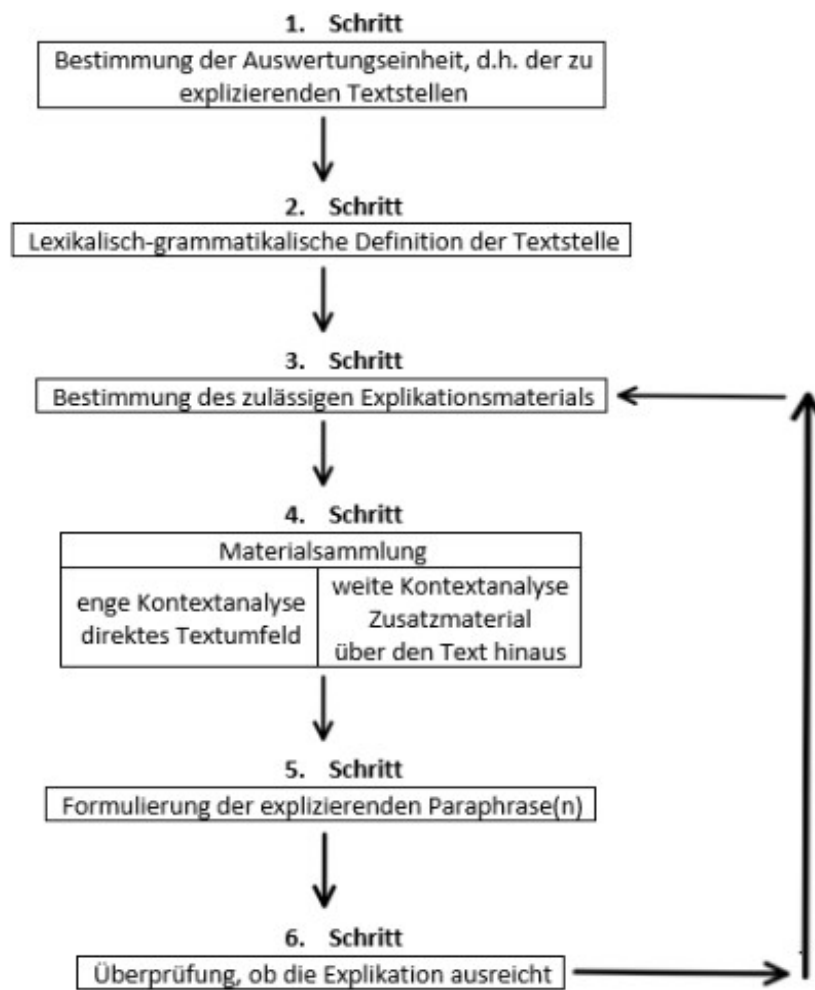


Abbildung 3 - Explizierende Inhaltsanalyse (nach Mayring, 2010:87)

3.6.3.3. Strukturierende Inhaltsanalyse

Das Ziel der strukturierenden Inhaltsanalyse ist das Herausfiltern einer Struktur welche durch ein vorab definiertes Kategoriensystem festgelegt wurde. Die durch das Kategoriensystem passenden Textteile werden anschließend aus dem Text extrahiert. Ein allgemeines Ablaufmodell der strukturierenden Analyse ist in Abbildung 4 dargestellt.

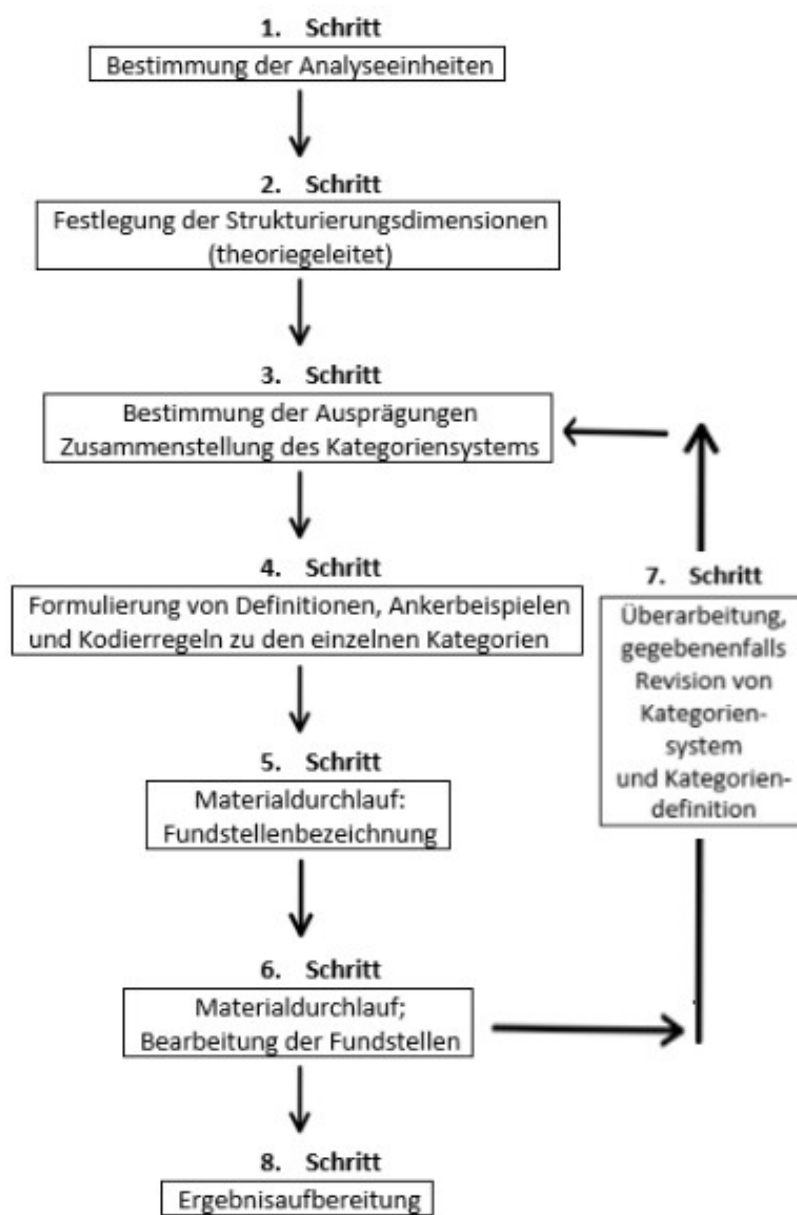


Abbildung 4 - Ablauf Strukturierende Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 2010:93)

Abhängig von dem Ziel, welches mit der Analyse erreicht werden soll, lässt sich die strukturierende Inhaltsanalyse in weitere vier Formen einteilen. Im Wesentlichen bleibt der Kern des Ablaufmodells erhalten, lediglich der erste und der letzte Schritt werden durch die spezifischen Anforderungen der verschiedenen Formen adaptiert:

Will man die innere Struktur des Materials nach der Struktur von Satzkonstruktionen, oder der Gliederung nach thematischen Einheiten oder nach der Gesprächsstruktur bei Gruppendiskussionen herausfiltern, so findet die formale Strukturierung Anwendung. Hierbei wird im zweiten Schritt der allgemeinen strukturierten Analyse wie in Abbildung 4 dargestellt das formale Kriterium, also die Eingrenzung der zu untersuchenden Struktur bestimmt. Anschließend folgt die Vorgehensweise dem Ablauf der allgemeinen strukturierenden Analyse wobei die Ergebnisaufbereitung sich durch eine enge am Material orientierte Analyse und durch eine zusätzliche allgemeine Struktur unterscheidet.

Neben der formalen Strukturierung filtert die inhaltliche Strukturierung bestimmte Inhalte, Aspekte aus dem Material heraus und fasst diese zusammen. Anhand theoriegeleiteter Kategorienbildung werden passende Textteile in Form von Paraphrasen extrahiert und anschließend zusammengefasst.

Eine weitere Form der strukturierenden Analyse ist die typisierende Analyse. Ihr Ziel ist es, Aussagen zu treffen indem beispielsweise unter anderem Ausprägungen, die besonders extrem oder von theoretischem Interesse, sind beschrieben werden.

Die vierte Form strukturierender Inhaltsanalysen ist die skalierende Strukturierung, deren Ziel ist, das Material anhand einer Skala einzuordnen. Anstelle der Strukturierungsdimensionen treten hier Einschätzungsdimensionen sogenannte Variablen in den Vordergrund die aufgrund des Materials auf Skalen eingeordnet und im letzten Schritt zusammengefasst und quantitativ untersucht werden.

(vgl. Mayring, 2008:92ff)

4. Planung und Durchführung der Interviews

Um zu aussagekräftigen Ergebnissen für die anschließende Inhaltsanalyse zu kommen, wurde eine Interviewanzahl von 5-10 Stück veranschlagt.

Durch das Ziel der Befragung, nämlich die Zusammentragung möglichst vieler Erfahrungen ist die Zielgruppe bereits festgelegt. Als Zielgruppe kommen alle Lehrkräfte in Frage, die bereits nach dem Lehrgang unterrichtet haben.

4.1. Entwicklung eines Interviewleitfadens für Lehrkräfte

Ziel der Befragung ist, möglichst viele Unterrichtserfahrungen von Lehrkräften in Bezug auf die Verwendung des Konzeptes, zu sammeln.

Dabei soll es um möglichst viele Aspekte gehen, die für Lehrkräfte bei der Unterrichtsvorbereitung und während des Unterrichts eine Rolle spielen.

Obwohl ein Objekt, nämlich der Lehrgang im Fokus des Interesses ist, geht es vordergründig nicht um das Objekt selbst, sondern um die Erlebnisse und Erfahrungen der Lehrkräfte im Umgang damit. Deshalb wird das Interview als Leitfadeninterview und nicht als fokussiertes Interview verortet.

Das Interview beginnt mit einem Warm Up in welchem die Lehrkräfte über ihre allgemeinen Erfahrungen mit diesem Konzept berichten können. Dabei haben die Lehrkräfte die Möglichkeit zunächst ganz allgemein über das Konzept sprechen und es bei Bedarf durchblättern. Dabei sprechen die Lehrkräfte möglichst frei und ohne eine strukturelle Vorgabe.

Nach dem Einstieg und einem erfolgreichen Aufbau einer angenehmen Gesprächsatmosphäre wird, bevor man den Lehrgang im Einzelnen durchgeht, über die Herausforderungen im Unterricht gesprochen. Hierbei wird schon der Kern des Interviews angesprochen, und die Lehrkräfte zum Nachdenken angeregt, an welchen Stellen sie Ergänzungen für Lehrkräfte besonders wichtig finden.

Aufgrund Recherchen in der Literatur und des Inhalts des Lehrganges wurde eine Auswahl folgender Hauptfragen getroffen die in jedem Inhaltsbereich besprochen werden sollten:

Verständnisschwierigkeiten und Schülervorstellungen

Dieser Themenbereich bezieht sich in erster Linie auf die Schülervorstellungen, mit welchen die Lehrkräfte aus der eigenen Unterrichtspraxis konfrontiert sind. Darüber hinaus werden in diesem Kernbereich Lernschwierigkeiten, Bereiche mit vermehrtem Diskussionsbedarf und allgemein schwer verständliche Stellen in Erfahrung gebracht.

Unterrichtstipps aus eigener Erfahrung – empfehlenswertes Material

Passend zu den im Vorfeld besprochenen Lehr- und Lernschwierigkeiten kann an hier hilfreiche Materialien, Unterrichtstipps und Hinweise in Erfahrung angeknüpft werden.

Versuche

Der dritte Inhalt, der angesprochen wird, betrifft die Durchführung und Organisation von Versuchen. Hier werden nicht nur die im Lehrgang angesprochenen Versuche besprochen, sondern auch bewährte Versuche der Lehrkräfte.

Der folgende Aufbau des Interviewleitfadens entspricht dem Inhaltsverzeichnis des Lehrganges.

Fragen zu Erfahrungen der oben genannten Hauptfragen sollen systematisch zu jedem Kapitel im Lehrgang durchgegangen werden. Das Buch wird sozusagen gemeinsam durchgeblättert.

Die sogenannten Detaillierungsfragen sind jeweils stichwortartig unter den Hauptfragen notiert und werden als Nachfragen zwischendurch gestellt.

Der Leitfaden wurde so aufgebaut, dass dieses prinzipiell in einer Stunde durchführbar ist, um Absagen potenzieller Interessentinnen und Interessenten vorzubeugen.

Die Rolle der Interviewerin besteht darin, die Lehrkräfte anhand der Kernbereiche durch den gesamten Lehrgang zu leiten und dabei die Zeit im Auge zu behalten.

4.2. Durchführung der Interviews

Um mögliche Zielpersonen zu kontaktieren wurden diese mittels Aufruf auf Facebook, durch allgemeine Emailanfragen und über persönliche Kontakte ausfindig gemacht.

Den Zielpersonen wurde der Interviewleitfaden vorab zugeschickt, damit sich diese einen ersten Überblick über die Themenbereiche verschaffen können und sich nicht mit den Fragen zum Zeitpunkt des Interviews überrumpelt fühlen.

Tatsächlich konnten von sieben eruierten Zielpersonen sechs befragt werden.

Darüber hinaus konnten zwei der Autoren zusätzlich, aber mit einem adaptierten Leitfaden, zu dem Konzept befragt werden. Näheres dazu folgt nach der Analyse der Lehrkräftebefragung.

4.3. Beschreibung des Materials der Lehrkräftebefragung

Am Anfang jeder Inhaltsanalyse steht eine genaue Materialanalyse. Da das Material von einer Person im Rahmen der Diplomarbeit erstellt und inhaltlich analysiert wird, kann hier eine vollständige Darstellung des Materials erfolgen.

Die Auswahl erstreckt sich über alle sechs Interviews, die mit den Lehrkräften durchgeführt wurden. Im Einzelnen handelt es sich um folgende Lehrkräfte:

Zielperson A

- Ca. 9 Jahre Berufserfahrung
- Verwendung des Konzeptes liegt länger als drei Jahre zurück,
- Einsatz: Jeweils einmal in Ober- und Unterstufe (4. Klasse und 5. Klasse)
- Zweifach Mathematik

Zielperson B

- Ca. 25 Jahre Berufserfahrung
- Verwendung des Konzeptes liegt ca. ein Jahr zurück
- Einsatz: Ein- bis zweimal in der Oberstufe (7. Klasse)
- Zweifach Mathematik
- Mitglied AECCP Physik (Austrian Educational Competence Centre Physics)

Zielperson C

- 1 Jahr Berufserfahrung
- Verwendung des Konzeptes liegt weniger als ein halbes Jahr zurück
- Einmaliger Einsatz in der Oberstufe (5. Klasse)
- Zweifach Chemie

Zielperson D

- Ca. 7 Jahre Berufserfahrung
- Verwendung des Konzeptes liegt weniger als ein Jahr zurück

- Zweimaliger Einsatz in der Oberstufe (6. Klasse)
- Zweifach Mathematik
- Mitglied AECCP

Zielperson E

- Ca. 3 Jahre Berufserfahrung
- Verwendung des Konzeptes liegt weniger als ein halbes Jahr zurück
- Einmaliger Einsatz in der Unterstufe (4. Klasse)
- Zweifach Mathematik

Zielperson F

- Ca. 8 Jahre Berufserfahrung
- Verwendung des Konzeptes liegt weniger als ein halbes Jahr zurück
- Einmaliger Einsatz in Ober- und Unterstufe (2. Klasse und 6. Klasse) und bei Studierenden im Praktikum für Schulversuche (Universität Wien)
- Zweifach Mathematik
- Mitglied AECCP

Die Interviews fanden, anhand des unter Kapitel 4.1 entwickelten Leitfadens, auf freiwilliger Basis statt. Der Zeitpunkt der Befragung wurde so gewählt, dass das Interview entweder, zwischen Unterrichtsstunden, in der Schule oder in der Universität stattfinden konnte.

Die Atmosphäre während der Interviews war durchwegs freundlich und es wurde auf sehr höflicher und kollegialer Ebene kommuniziert.

Die Interviews wurden mittels Sprachrekorder aufgezeichnet und liegen im m4a-Format vor. Unmittelbar nach der Befragung wurden die Interviews mithilfe einer Transkriptionssoftware wortwörtlich transkribiert. Um leichter zu erkennen, wer gesprochen hat wird vor den verschriftlichten Aussagen der Lehrkräfte der Buchstabe L geschrieben. Fragen, die von der Interviewführenden Person stammen, werden hingegen mit dem Symbol F gekennzeichnet.

Bei den Autorenbefragungen hingegen werden Aussagen, welche von den Autoren getätigt wurden mit dem Buchstaben A gekennzeichnet.

Die Interviews fanden ausschließlich in deutscher Sprache statt.

Kurze Gesprächspausen wurden mit (-), Unklarheiten mit (...) und Sprecherwechsel mit einer Leerzeile gekennzeichnet. Die Transkripte sind zeilenweise durchnummeriert. Aufgrund des Umfangs sind die Transkripte im Anhang nicht aufgeführt.

4.1. Entwicklung eines Interviewleitfadens für die Autoren

Da der Leitfaden der Lehrkräfte eng an die Erfahrungen der Lehrkräfte und ihrem Material verknüpft ist, wurde ein weiterer Leitfaden entworfen.

Zu Beginn steht wieder eine Erzählaufforderung, allerdings nicht wie bei den Lehrkräften über die allgemeinen Erfahrungen im Einsatz des Konzeptes, bei der die Autoren darüber sprechen, aus welchen Erfahrungen heraus dieser Lehrgang derart gestaltet wurde.

Durch diese Frage kann sich die befragte Person anfangs auf das Interview einstellen und die Gedanken dazu fokussieren.

Statt einer groben Struktur, so wie es bei dem Leitfaden für Lehrkräfte der Fall war, wurde bei der Autorenbefragung eine Sammlung von Fragen, die unter anderem auch aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse der Inhaltsanalyse der Lehrkräftebefragungen, ausgewählt.

Um den Befragten so viel Raum wie nötig für ihre Äußerungen zu geben, ist die Reihenfolge der Fragen nicht zwingend vorgegeben. Die Reihenfolge der Fragen wird durch die interviewende Person so ausgewählt, dass sie der Unterhaltung förderlich ist. Die Fragen sind auf dem Leitfaden teilweise ausformuliert oder mit Stichworten notiert. Auch die Anzahl der gestellten Fragen kann variieren, der Leitfaden soll sozusagen einen Pool an möglichen Fragen beinhalten. Der Gesprächsverlauf soll hierbei im Wesentlichen durch die Erzählungen der befragten Personen bestimmt werden, wobei zwischendurch auch auf die Aspekte auf dem Fragebogen eingegangen werden soll, falls diese nicht ohnehin im Gesprächsverlauf angeschnitten wurden.

Der Leitfaden ist also ein grobes Gerüst an das sich die interviewende Person während der Befragung orientieren kann.

Beispielsweise wurde in einem Interview vermehrt auf den Einsatz des Buches in verschiedenen Schulstufen eingegangen, während im anderem Interview beispielsweise die Akzeptanz des Lehrganges durch Lehrkräfte thematisiert wurde.

5. Durchführung der Inhaltsanalyse

In diesem Abschnitt wird die im Zuge der Diplomarbeit erfolgte Inhaltsanalyse schrittweise beschrieben und die verwendete Technik begründet.

5.1. Begründung der Analysetechnik - Lehrkräftebefragung

Das Ausgangsmaterial besteht aus den verschriftlichten Interviews der befragten Lehrkräfte. Die Richtung der Analyse ist dadurch festgelegt, dass aus dem Material die Erfahrungen im Hinblick des Interviewleitfadens systematisch extrahiert und gegenübergestellt werden sollen. Daher bietet sich hierbei die strukturierende Inhaltsanalyse an, da bestimmte Aspekte aus dem Material herausgefiltert werden sollen. Durch den Aufbau des Interviewleitfadens ist die Struktur die dem Material zugrunde liegt bereits bekannt und entspricht im Wesentlichen dem Inhalt des Buches. Die Kategorien anhand derer das Material untersucht wird, sind grob durch den Interviewleitfaden vorgegeben: Herausforderungen im Unterricht, Verständnisschwierigkeiten und Schülervorstellungen, Unterrichtstipps aus eigener Erfahrung und Versuche.

Diese Hauptkategorien sind im Interviewleitfaden auch noch breiter in sogenannte Unterkategorien aufgefächert. Da es das Ziel der Analyse ist zu den vorgegebenen Kategorien gezielt Inhalte herauszufiltern, fällt die Wahl der Auswertungstechnik auf die sogenannte inhaltliche Strukturierung.

5.2. Konkreter Ablauf der inhaltlichen Strukturierung

Gemäß diesen Kategorien wurde das Material zunächst Satz für Satz analysiert und im ersten Durchlauf alle Textbestandteile, die mit den Erfahrungen im Zusammenhang mit dem Einsatz des Konzeptes zu tun haben, extrahiert. Sämtliche nicht inhaltstragenden Textstellen oder auch Inhalte die sich nicht auf die Erfahrungen mit dem Konzept beziehen wurden nicht berücksichtigt. Die Textstellen, die aufgrund des fehlenden Kontextes unklar erschienen, wurden von mir paraphrasiert.

Sämtliche Inhalte wurden entsprechend der Kapitel im Buch chronologisch geordnet: Das bedeutet, dass zum Beispiel die Äußerungen von Zielperson A über den Äußerun-

gen von Zielperson B und diese wiederum über den Äußerungen von Zielperson C stehen und so fort. Des Weiteren sind diese durch einfache Tabellen zusammengefasst und kapitelweise dem Lehrgang entsprechend geordnet.

Die genauere Betrachtung der extrahierten Textstellen legte eine Überarbeitung des Kategoriensystems nahe. Ursprünglich war noch eine weitere Kategorie mit Hinweisen geplant, diese wurde aber wieder herausgenommen da sie von der Kategorie der Tipps nicht ausreichend unterschieden werden konnte. Anfangs war auch eine Kategorie bestehend aus bewährter Alternativen geplant, doch auch diese wurde verworfen, da auch hier war eine zufriedenstellende Differenzierung zu den Tipps nicht möglich war. Es zeigte sich, dass sich folgende Inhalte für ein adaptiertes Kategoriensystem für die Analyse besser eignen:

- Empfehlungen für Lehrkräfte im Allgemeinen

Ankerbeispiel:

„Naja es ist der theoretische Background. Es ist gut, wenn man den liest. Ich habe das lesen müssen für meine Diplomprüfung. Dass die auch wissen warum das auf einmal mit dem Ziel und Richtung da drin ist. Wenn man das gelesen hat, dann weiß man halt, da geht es halt darum, dass die Schüler das verstehen. Wenn man das kennt, dann weiß man auch warum das drin ist und übergeht es vielleicht nicht aus Trivialität.“ (Zielperson A)

- Schülervorstellungen
 - Darunter sind nicht nur die Schülervorstellungen gemeint, welche aus der Literatur bekannt sind, sondern ebenso die Schülervorstellungen die die Lehrkräfte im Klassenzimmer selbst erlebt haben. Die betreffenden Schülervorstellungen werden entweder durch die jeweiligen Zitate oder Literaturhinweise gekennzeichnet.

Ankerbeispiel:

„Die klassische Geschichte ist die, dass die ursprüngliche Geschwindigkeit nicht erhalten bleibt, sondern, dass sozusagen das Objekt eine Zusatzgeschwindigkeit bekommt, sondern in Richtung der Krafteinwirkung dann weitergeht. Dass die Zusatzgeschwindigkeit die gleiche Richtung hat wie die Kraft, die eingewirkt hat. Aber das ist eben diese vorunterrichtliche Vorstellung, dass

wenn man mit der Zusatzgeschwindigkeit anfängt, dann wird es eh rasch besser. Man kann eigentlich nicht formulieren, dass die Endgeschwindigkeit dieselbe Richtung wie die Kraft hat.“ (Zielperson B)

- Was war schwer/Wo sollte mehr Zeit eingeplant werden/Problem
 - Was hat geholfen/Verbesserungsvorschläge

Ankerbeispiel:

„Aber wenn man dann die verschiedenen Konstruktionen macht, wo zum Beispiel eine Endgeschwindigkeit gegeben ist und man muss eine Zusatzgeschwindigkeit dazu konstruieren, das fällt den Schülern teilweise irrsinnig schwer. Da braucht man sicherlich noch einige Stunden dazu, also 5 oder so irgendwas.“ (Zielperson B)

- Was ist gut gegangen
 - Hier werden alle lernförderlichen Aspekte beziehungsweise Empfehlungen für den Unterricht gesammelt.

Ankerbeispiel:

„Aber was man da in dem Spiel sehr gut lernt, ist eben auch diese Geschichte mit der Zusatzgeschwindigkeit, ohne dass ich das jetzt viel so nenne. Da geht es einfach nur um Spielzüge, die ich machen kann. Und das können sie sich schnell auch einfach zeichnen. Das macht Sinn und das sage ich ihnen auch immer, dass die Strecke breiter als schmaler ist, aber die Schüler sind dann sehr einfallsreich und machen dann auch solche Strecken die relativ breit aber zum Beispiel so eine Engstelle haben (zeichnet ein Beispiel).

Das ist eine ganz einfache Möglichkeit, wie man mit dem umgehen lernt. Aber das ist tatsächlich ein ganz einfaches Spiel und das gefällt ihnen total.“ (Zielperson D)

- Tipps
 - Unterrichtstipps
 - Zur Planung/Organisation
 - Zu den Versuchen
 - Zu Formulierungen und zur Wortwahl
 - Zur Vorbereitung
 - Verständnisfragen

Ankerbeispiel:

„[...] für die war das komplett neu. Für die war der Begriff Tempo mit meinen Tipps: Es gibt ja auch ein Tempolimit und einen Tempomat und Tempo 30. Da war das akzeptabel und sie haben den Begriff sofort annehmen wollen.“ (Zielperson F)

- Was wäre hilfreich/wünschenswertes

Ankerbeispiel:

„Vielleicht könnte man das mit mehr Videos unterstützen. Dass man wirklich Vorgefertigte hat. Ich habe da Stroboskopbilder noch, aber wenn man die Software dazu einfach nicht hat. Vielleicht sollte man so Videos machen und zeigen wie Stroboskopbilder tatsächlich entstehen. Man kann sich zwar auf Youtube was suchen, aber wenn das da angepasst ist, wäre das natürlich fein.“ (Zielperson C)

- Literatur/Nachschlagewerke/Softwareeinsatz/Videos

Ankerbeispiel:

„Was ich als Literaturtipp noch empfehlen kann: Ich habe zusätzlich zu dem allen, da gibt es dieses AAA-Konzept. Das ist sehr cool. Da habe ich auch Übungsaufgaben raus und das läuft ähnlich zu dem. Also das ist konzeptuell ähnlich aufgestellt.“ (Zielperson B)

Mittels dieser neuern Kategorienbildung wurde das Material anschließend nochmal untersucht und um etwaige Extraktionen ergänzt. Die inhaltliche Strukturierung anhand des adaptierten Kategoriensystems ist im Anhang (Inhaltsanalyse Lehrkräfte) angehängt. Die Reihenfolge der Themenbereich entspricht dem Aufbau des Lehrgangs. Kapitelweise sind also die Äußerungen der Befragten in Tabellen aufgelistet. Alle Äußerungen einer Zielperson zu einem bestimmten Kapitel im Lehrgang, sind in einer Tabelle zusammengefasst. Somit ergeben sich pro Kapitel bis zu sechs Tabellen, je nachdem wie viele der befragten Personen sich zu dem Kapitel geäußert haben. In den jeweiligen Tabellen sind die Textstellen, durch das oben beschriebene Kategoriensystem, strukturiert.

Ausgehend von dieser Strukturierung wird im nächsten Schritt das Material anhand von Gemeinsamkeiten analysiert. Systematisch wird das, aus der Strukturierung gewonnene, Material durchgegangen und folgendermaßen zusammengefasst.

Beginnend mit den Empfehlungen für Lehrkräfte werden hier sämtliche wesentliche Inhalte zusammengetragen, die für eine Lehrkraft von Bedeutung sind, wenn sie beabsichtigt das Buch zu verwenden. Damit sind sämtliche Hinweise, Tipps und Tricks gemeint, die sich auf das Buch im Allgemeinen beziehen. Da nicht jede Lehrkraft die Möglichkeit hat sich über ihre Erfahrungen mit dem Buch auszutauschen, werden hier die Aspekte die durch die Befragung vermehrt aufgetaucht sind zusammengefasst.

5.3. Auswertung der Autoreninterviews

Um die Interviews der Autoren auszuwerten wird, auch auf die Methode der inhaltlichen Strukturierung zurückgegriffen. Wie bei der Lehrkräftebefragung ist das Kategoriensystem, anhand derer das Material analysiert wird, durch den Leitfaden bereits vorgegeben.

Aufgrund der Tatsache, dass ein Autoreninterview als transkribierte Tonaufnahme und ein Autoreninterview als Gesprächsprotokoll vorliegt, gestaltete sich die Kategorienfindung als schwierig. Darüber hinaus war der Leitfaden bis auf das Zeitmanagement bezüglich des Lehrplanbezuges bei der Befragung nicht ident. Das bedeutet, dass nur ein Autor spezifische Fragen zum Lehrplanbezug in Österreich erhielt. Diese Frage ist im Anhang (Leitfaden Autorenbefragung) mit einem Stern markiert. Das Kategoriensystem soll derart aufgebaut werden, dass alle interessierenden Inhalte beider Autoren übersichtlich gegenübergestellt werden können.

Da die inhaltliche Strukturierung mit einem Kategoriensystem, welches eng an den Leitfaden orientiert war, wurde wie bei der Analyse der Lehrkräftebefragung nach dem ersten Durchlauf etwas abgewandelt. Die geschah deshalb, um die Struktur des Systems besser an das Ausgangsmaterial anzupassen.

Folgendes Kategoriensystem erwies sich als optimal:

Allgemeine Informationen

Hier werden alle Aussagen der Autoren über den Lehrgang im Allgemeinen sowie über die Handhabung und den Einsatz gesammelt.

Inhalte dieser Kategorie eignen sich beispielsweise gut für ein mögliches Vorwort welches sich an Lehrkräfte wendet.

Ankerbeispiel:

„Also, dass bei Sachen die schwer sind, da brauchen die Schüler lange, viel Text haben und viele Beispiele. Und Sachen die schnell gehen, da haben wir es versucht knapper zu machen [...]“
(Autor 2: 66-70)

Vorgehen bei Zeitmangel

Aufgrund der Tatsache, dass viele Lehrkräfte aufgrund von Zeitmangel an unterschiedlichen Stellen den Lehrgang abbrechen oder auch Kapitel auslassen mussten werden, sind unter dieser Kategorie alle Aussagen bezüglich Zeitmanagement zusammengetragen.

Ankerbeispiel:

„Also wir empfehlen schon ungefähr, also wenn man insgesamt weniger Zeit hat, dann insgesamt knapper zu machen, aber nicht Sachen auszulassen. Also das wäre schon der Tipp, die Proportionen zu behalten.“ (Autor 2: 69-71)

Tipps:

In dieser Kategorie werden analog zur Kategorie der Lehrkräftebefragung sämtliche Inhalte zusammengetragen die der Lehrkraft ergänzend Tipps und Tricks zur Verwendung des Konzeptes geben.

Alle Tipps wurden entsprechend dem inhaltlichen Aufbau des Konzeptes kapitelweise zugeordnet.

Ankerbeispiel:

„Kann man auch an der Tafel machen und mit so großen Pfeilen, die kann man ja wunderbar aus diesem ganz dünnen Styropor, das kennen sie. Das ist so 1-2 mm dick, das kann man im Baumarkt kaufen. Da bekommt man so einen Pack um 10 Euro und die kann man mit dem Stanley-messer wunderschön schneiden und die haften an der Tafel, wenn man sie ein bisschen nass macht. [...]. Wenn man eine magnetische Tafel hat, dann ist es natürlich leichter, dann kann man mit Gummi oder mit Magneten arbeiten sonst geht es aber auch.“ (Autor 2: 43-50)

Um durch die Autorenbefragung möglichst viele Informationen, zu dem an den Inhalt optimierten Kategoriensystems, zu sammeln, wurden alle Informationen zusammengetragen. Da durch eine anschließende Reduktion durch eine Häufungsanalyse wertvolle Tipps oder Tricks verloren gingen, wurden nach der strukturierenden Inhaltsanalyse lediglich die Inhalte, welche von beiden Autoren erwähnt wurden fett markiert.

6. Ergebnisse

Nachfolgend sich sämtliche, den Kategorien entsprechenden sortierten Inhalte, welche für Lehrkräfte wesentlich sind, zusammengefasst. Unter wesentlich werden hier alle Informationen, Erfahrungen oder Ähnliches betrachtet, welche von mindestens zwei der Befragten angemerkt wurden.

Die Zusammenfassung erfolgt wieder dem Inhalt des Lehrgangs entsprechend, mit Ausnahme der ersten Kategorie, welche sich nicht auf einen speziellen Themenbereich im Buch bezieht.

Zu den Empfehlungen der Lehrkräfte im Allgemeinen

Mindestens eine der befragten Lehrpersonen würden vor dem Einsatz folgendes empfehlen:

Die Auseinandersetzung mit den zu dem Lehrgang betreffenden Schülervorstellung.

Denn durch die Kenntnis der Schülervorstellungen wird sichergestellt, dass Inhalte, welche auf den ersten Blick trivial erscheinen, nur oberflächlich gestreift oder gar ausgelassen werden.

Zielperson A: (439-443)

„Naja es ist der theoretische Background. Es ist gut, wenn man den liest. [...] Dass die auch wissen warum das auf einmal mit dem Ziel und Richtung da drin ist. [...] Wenn man das kennt, dann weiß man auch warum das drin ist und übergeht es vielleicht nicht aus Trivialität“

Zielperson D: (812 – 814)

„Also das Wichtigste erscheint mir, dass man zunächst einmal die Basisidee von dem Ganzen verstehen muss.“

Auch mehreren Aussagen zufolge ist es sehr wichtig, sich vor dem Einsatz sich erst mal mit dem Konzept auseinanderzusetzen, es zu verstehen und es zu Beginn einmal vollständig durchzulesen.

Zielperson F: (769-780)

„Also die Grundideen sind sehr stark an den bekannten Schülervorstellungen aus der Empirie orientiert. Das wäre ein wichtiger Punkt für Lehrkräfte, die am Rande noch einmal durchzulesen. [...]

Also wirklich kurz und prägnant, Vorwörter können für Lehrer zu lange zum Lesen sein.“

Im Zuge der Befragung, wo sich die Lehrkräfte am ehesten Ergänzungen wünschen, kam der Wunsch nach einem Vorwort oder einer kurzen Vorstellung des Konzeptes auf, damit schon zu Beginn kurz und prägnant das Konzept erläutert wird und sich die Lehrkraft einen ersten Überblick über die Grundideen verschaffen kann.

Zielperson F: (782 – 783)

„Es liegt da an der Professionalität der Lehrkraft, sich zu informieren. Das Hauptaugenmerk ist das Konzept zu unterrichten, ohne dass ich es von Seite 1-34 durchgelesen habe, macht wenig Sinn, weil der rote Faden einfach wichtig ist.“

Zielperson D: (818-821)

„Also ein Vorwort wo – also der Jan Phillip Burde hat ein Konzept zum Elektronengas gemacht, der hat ein sehr gutes Lehrerbuch dazugeschrieben, nämlich auch im Sinne, dass dieser größere Bogen sehr gut rausgekommen ist. Das würde mir da fehlen, [...]. Und das habe ich durch die Arbeit in der Gruppe gelernt, aber das würde sich mir nicht aus dem Buch alleine heraus erschließen.“

Ebenfalls von Vorteil wären kurze Hinweise die auf beispielsweise bereits diskutierte Sachverhalte oder Versuche hinweisen, die später oder an anderer Stelle sinnvoll wieder sinnvoll aufgegriffen werden können. So könnte man beispielsweise ein zu Beginn erstelltes Stroboskopbild eines hüpfenden Gummiballes im Kapitel der Konstruktion der Zusatzgeschwindigkeit wiederverwenden. Der Vorteil ist, dass die Schülerinnen und Schüler mit eigenem Material arbeiten können und sich nicht in neue Kontexte hinein-denken müssen.

Zielperson C: (437 – 446)

„[...] dann braucht man später auch nicht so viel Zeit, um die nacheinander alle durchzuarbeiten. Weil, wenn ich die eh schon immer nebenbei fallen lasse, die Beispiele, dann brauche ich immer nur wenig Zeit um konzeptuell um den nächsten Schritt zu erweitern. [...]. Vielleicht, dass da schon Verweise stehen, wo bietet es sich hinten an, diese Beispiele zu bringen [...].“

Zielperson E: (46 – 51)

„Wir haben auch das mit dem Stroboskopbild (S. 3 , Abb. 2.4) gemacht. [...]. Das haben sie dann ausgedruckt und ins Protokollheft eingeklebt und dann auch noch die Geschwindigkeit usw. eingezeichnet. Das ist wirklich gut gegangen.“

Zielperson F: 140 – 148

„[...] und aber auch für die SchülerInnen schwierig, diese Ortsunterschiede als Wegstrecke und die Zeitunterschiede als dafür benötigte Zeit aufzufassen. Das ist meiner Meinung nach nur mit dem Storch gut gelungen. Also dass ich wieder den Storch hergenommen habe und das Tempo in der quantitativen Form anschau [...].“

Weiters würden Lehrkräfte empfehlen, sich in den ersten Kapiteln genug Zeit zu nehmen und nichts zu überspringen:

Zielperson C: (136 – 140)

„Also irgendwie Ruhe und Gelassenheit. Das ist für einen selbst als Lehrer schwierig, glaub ich, weil naja Ort und Zeit.... Man hat sich im Studium mit viel komplexeren Dinge auseinandergesetzt, aber ich muss sagen, ich habe echt eine Liebe für das entwickelt, weil ich weiß, dass das was bringt. Und somit lohnt sich das absolut.“

Zum Kapitel: Die Beschreibung und Darstellung von Bewegungen

Tipp – Stroboskopbilder selbst erstellen

In diesem Kapitel wird mehrstimmig empfohlen die Schülerinnen und Schüler ein Stroboskopbild mit ihrem eigenen Smartphone erstellen zu lassen. Haben die Lernenden bereits selbst ein Stroboskopbild erstellt, so fällt ihnen anschließend die Bearbeitung und Diskussion der eigenen Bilder leichter:

Zielperson A: (61 – 64)

„Ich habe das schon gemacht, nur das Problem ist, dass ich das damals gemacht hab mit meinem Nokia Handy N9. Ein absolutes Nischenprodukt, da hat es nur ein Modell gegeben. Und da

hat man so eine Art Langzeitbelichtung machen können und das ist dann auf eine Stroboskopaufnahme hinausgelaufen.“

Zielperson B: (59 – 62)

„I: Haben Sie das aus zeitlichen Gründen ausgelassen oder würden Sie sich da wünschen, dass hier eine App angegeben ist mit der man schnell Stroboskopbilder erstellen und behandeln kann?“

L: „[...] eher aus praktischen Gründen habe ich das ausgelassen.Ja.“

Zielperson C: (187 – 189)

„[...], aber wenn man die Software dazu einfach nicht hat. Vielleicht sollte man so Videos machen und zeigen wie Stroboskopbilder tatsächlich entstehen.“

Zielperson F: (75 – 83)

„Was nicht bekannt ist, sind Stroboskopbilder. Da ist es einfach wichtig, dieses Wort Stroboskopbild mit einem Bild zu versehen [...] Also das bräuchte eine SchülerInnenaktivität, wo man ein Stroboskopbild erarbeitet.“

Was schwierig ist:

Schwierig war die Beschreibung der Bewegung des in Abbildung 2.3 abgebildeten Stroboskopbildes eines Spielzeugfliegers. Hier zählt es sich aus, sich genügend Zeit zu nehmen um die Bedeutung der unterschiedlichen Abstände in einem Stroboskopbild zu besprechen.

Zielperson B: (69-72)

„Also das ist sicher mal eine Sache, der man mehr Zeit und Bedeutung schenken muss. Dass man sagt: Wir können unter der Voraussetzung, dass das eben gleiche Zeitabstände sind, den Abstand als Geschwindigkeit interpretieren oder von dem Abstand auf die Geschwindigkeit schließen.“

Zielperson D: 189 – 196

„Das was wirklich schwierig ist, dass sie sprachlich Schwierigkeiten haben, die Dinge auch sprachlich zu benennen. Und zwar auf relativ basalem Niveau. Das, was man da eigentlich möchte in diesem Kapitel, ist eigentlich, dass Schüler in der Lage sind, die einzelnen Dinge genau zu benennen. [...] So fein können die das nicht auflösen.“

Zum Kapitel: Wie schnell? Wohin?

Dieses Kapitel ist der Übersicht halber wie im Lehrgang in die Unterkapitel Tempo, Richtung und Geschwindigkeit unterteilt. Die gemeinsamen Äußerungen der Lehrkräfte wurden dementsprechend zugeordnet.

Tipp:

Wichtig ist hierbei, dass der Geschwindigkeitsbegriff von der Lehrperson anfangs keinesfalls verwendet wird. Dieser Begriff wird erst nach dessen Einführung verwendet. Das ist auch für die Lehrkraft zu Beginn eine Übungssache.

Zielperson B: 97-98

„[...] dass man sich auf die Lippen beißt und nicht Geschwindigkeit sagt [...]“

Zielperson C: 161 – 163

„Man muss da selbst sprachlich sehr sensibel sein und immer darauf achten, dass man nicht immer Geschwindigkeit sagt, wenn man das Tempo meint.“

Zielperson D: 318 – 319

„Wenn man nicht selber höllisch aufpasst und immer nur Tempo und Richtung verwendet oder Tempo oder Richtung alleine und den Begriff Geschwindigkeit einfach niemals verwendet.“

Tipp: V1, V2

Das blinde Fangen in Zeitlupe eignet sich besonders für kleine Gruppen, damit jeder der Lernenden einmal in die Rolle des Jägers oder der Jägerin und in die Rolle des Gejagten oder der Gejagten schlüpfen kann.

Zielperson D: 234 – 251

„[...] , wo sie dann auch merken: Wenn ich dem jetzt nicht ganz genau sage, und da lernen sie auch das Beschreiben, das ist eine sehr gute Übung für das Verbalisieren von dem was ich im Kopf habe, von dem mentalen Bild, was der jetzt machen soll. [...] Oft auch gar nicht im Klassenverband. [...] Und immer nur in 4er Gruppen. [...] Es soll jeder einmal die Erfahrung machen, sich steuern zu lassen. Es soll jeder die Erfahrung machen, gesteuert zu werden [...]“

Zielperson F: 221 - 226

„Und ganz wichtig war bei dieser Aktivität nachzubespochen und die Einzelnen zu fragen: Was war denn ein Tipp, der dir geholfen hat und was war ein Tipp mit dem du nicht so viel anfangen konntest. Und das halt herauszuarbeiten, also Richtung und Tempo und vorwärts und rückwärts. Dieses Spiel kann man auch gut variieren, indem man nur bestimmte Befehle geben darf. Also man erarbeitet zuerst welche Befehle besonders wichtig sind und dann geht es los mit der Aktivität.“

Tempo:**S-Vorstellung:**

Im Unterricht kommt alltagssprachlich bedingt immer wieder vor, dass Schülerinnen und Schüler die Begriffe Geschwindigkeit und Tempo als Synonym verwenden.

Zielperson C: (56 – 68)

„Ich habe das Gefühl gehabt, obwohl ich den Begriff Geschwindigkeit überhaupt noch nicht verwendet habe, dass die Schüler gleich von Anfang an damit begonnen habe davon zu sprechen. Weil es einfach in der Alltagssprache so oft vorkommt [...]“

Zielperson C: (155 – 157)

„Also sie kennen zwar den Begriff Tempo auch, aber der wird viel weniger verwendet als Geschwindigkeit. Ich glaube irgendwie, dass Tempo und Geschwindigkeit zu Beginn für sie gleich sind.“

Zielperson D: (314-317)

„Also es kommt natürlich von den Schülern immer die Geschwindigkeit. Es kommen immer die Begriffe Beschleunigung und Geschwindigkeit und man muss selbst, und das ist die größte Herausforderung, die ich da gerade am Anfang sehe, wo man ja relativ strikt sein soll mit dem, was man wie bezeichnet, zurechterweise.“

Tipp:

Mit dem Einsatz möglichst vieler Begriffe wie Tempomat, Tempolimit, ... kann man den Gewöhnungseffekt der Lernenden an den Tempobegriff fördern.

Zielperson B: 93-97

„Das ist ein bisschen eine Herausforderung, die Schüler dazu zubringen sich darauf einzulassen, dass wir einmal vom Tempo zu reden. [...]. Das ist ein gewisser Gewöhnungseffekt.“

Zielperson F: 243 – 244

„Es gibt ja auch ein Tempolimit und einen Tempomat und Tempo 30. Da war das akzeptabel und sie haben den Begriff sofort annehmen wollen.“

Was schwierig ist:

Ein gemeinsamer Konsens herrscht darüber, dass das Umrechnen der Einheiten auf große Schwierigkeiten stößt.

Zielperson A: (176 – 178)

„Na warum: $36 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Ich mein ich lass mir einreden, ein Sprinter braucht 10m in der Sekunde, aber dann mach ich das von links nach rechts. Die Gleichung fällt einfach vom Himmel ohne Rechengrund.“

Zielperson B: (99 – 101)

„Naja diese übliche Umrechnungsgeschichte ($\frac{\text{km}}{\text{h}}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$), das fällt nicht unter Verständnisschwierigkeiten, [...] Ich nenne es jetzt mal lästig, weil konzeptuell ist da nicht viel [...]“

Zielperson D: (341- 342)

„[...] und das umrechnen in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Das war voll schwer, und warum und brauchen wir das überhaupt. Das habe ich bis dorthin auch nicht gebraucht, [...]“

Zielperson F: (151 – 157)

„Und gerade bei der Formel und beim Ausrechnen, dafür braucht man meiste Zeit im Unterricht. Also man möchte nicht glauben, wieviel Zeit da beim Zeichnen einer Tabelle und beim Umrechnen von $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ in $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ benötigt wird. [...] Und da ist man jetzt nicht mehr in der Physik, [...] und „behindert“ somit dem quasi roten Denkfaden, den man da jetzt machen möchte.“

Schwierig:

Von mehreren Lehrkräften wurde auch angemerkt, dass die Formel für Schülerinnen und Schüler gar nicht so leicht verständlich ist. Hierbei ist es wichtig, dass die Bedeutung des Deltas besprochen wird. Darüber hinaus ist die Interpretation der Ortsunter-

schiede als Wegstrecke und die Interpretation der Zeitunterschiede als benötigte Zeit grundlegend. Abhilfe kann man unter anderem dadurch schaffen, dass man für das Verständnis der Formel auf die Flugroute von Max zurückgreift.

Zielperson A: (165)

Mit dem Delta ist immer so eine Frage, was bedeutet das Delta.

Zielperson B: (106)

Was ein bisschen gewöhnungsbedürftig wieder ist, ist diese Deltaschreibweise.

Tipp:

Mehrere Lehrkräfte raten auf jeden Fall, dass eine eigene Tempomessung mit den Schülerinnen und Schülern durchgeführt wird. Hier bietet sich auch der Smartphoneeinsatz mit der Verwendung einer Tracking-App wie Runtastic an.

Einerseits führte Zielperson E eine Tempomessung mit Kugeln durch, andererseits berichtete Zielperson F:

Zielperson F: (173 – 174)

„Ich würde durchaus die Aktivität die Schüler selber machen lassen. Also einen 100 Meterlauf oder weniger mit ihnen durchführen und selbst stoppen lassen.“

Tipp:

Um ein Gefühl für die unterschiedlichen Tempi zu bekommen und Größenordnungen einzuschätzen eignet sich die Abbildung 3.4 sehr gut. Diese Werte kann man auch gut mit dem Tempo von beispielsweise Haarwachstum vergleichen:

Zielperson B: (181 – 184)

„Beim Tempo kann man schnelle und langsame Bewegungen vergleichen. Also so ganz langsame, sowie Haarwachstum oder ganz schnelle. Genau das habe ich zum Tempo additiv gemacht. [...] Nicht im Sinne von Rechnen, sondern welche Größenordnungen man zu erwarten hat.“

Zielperson C: (105)

„Ich habe mit ihnen beispielsweise die Tabelle 3.4 gezeigt und habe sowas mit ihnen diskutiert.“

Tipp:

Einige Lehrkräfte würden hier jedenfalls thematisieren, dass es sich hier um Durchschnittsgeschwindigkeiten handelt und auch auf das Momentantempo eingehen. Hier bietet sich der Smartphone-Einsatz mit Motion-Shot an, da man durch Variation der Anzahl der Bilder im gleichen Zeitintervall den Übergang von Durchschnitts- zu Momentantempo gut veranschaulichen kann:

Zielperson E: (28 – 31)

„Ich habe es Tempo genannt, aber dazugesagt, dass es das Durchschnittstempo ist. Da haben wir dann länger darüber gesprochen, wegen Anfangs- und Endwert und dass ich das eben bei jeder beliebigen Größe tun kann und dass wir das dann noch häufiger verwenden werden.“

Zielperson F: (792 – 793)

„Einfach aus dem Grund, weil einerseits später das mit den Richtungen kommt und das sind auch Momentanrichtungen.“

Schwierig:

Berechnungen der Tempi der verschiedenen Streckenabschnitte. Diese Rechenaufgabe muss genau angeleitet werden. Zusätzlich sollte auch mit den Schülerinnen und Schüler vor den Berechnungen geklärt werden, in welcher Form (Tabelle) die Tempi ins Heft übertragen werden, damit kein Chaos entsteht.

Zielperson A: (85 – 86)

„Das haben wir gerechnet, wobei das war schwierig (Tabelle 1 Seite 4 – Zeitmessungen für 100m Lauf) war eine relativ schwache Klasse.“

Zielperson B: (118 – 120)

„Das war ein bisschen erklärungsbedürftig, was da jetzt wirklich zu machen war. Die Schüler haben sich zuerst nicht ausgekannt, was die Sekunden heißen sollen.“

Zielperson F: (151 – 157)

„Und gerade [...] beim Ausrechnen, dafür braucht man meiste Zeit im Unterricht. Also man möchte nicht glauben, wieviel Zeit da beim Zeichnen einer Tabelle [...] benötigt wird.“

Geschwindigkeit:

Tipp:

Viele der befragten Lehrkräfte weisen darauf hin, dass man wirklich nicht oft genug betonen kann, dass die Geschwindigkeit eines Gegenstandes sich aus Tempo und Richtung zusammensetzt:

Zielperson C: (168 – 170)

„Die Geschwindigkeit ist ein Vektor, zusammengesetzt aus Tempo und Richtung. Ich hatte das Gefühl, man muss diesen Satz einfach oft sagen damit es ankommt.“

Zielperson B: (188 – 189)

„[...] Ich finde, man kann das, mit Tempo und Richtung gar nicht oft genug betonen und es sickert dann schon ein, wenn man das schon nach dem 30. Mal wiederholt.“

Zielperson D: (326 – 331)

„Und wenn einer sagt die Geschwindigkeit ist 35km/h, dann muss man darauf sagen: NEIN. Da fehlt was oder das ist nicht richtig. Warum ist es nicht richtig? Also das ist mir heuer ganz stark aufgefallen, dass es für einen selber eigentlich das Schwerste ist. [...] Dass man sagt, OK, wir reden vom Tempo.“

S-Vorstellung:

Abbildung 3.17 – Geschwindigkeitspfeile beim Hammerwurf: Eine weit verbreitete Schülervorstellung ist, dass sich der Hammer nach dem Loslassen spiralförmig weiterbewegt. Aufgrund dieser S-Vorstellung ist es wichtig, diese Abbildung zu besprechen.

Zielperson F: (286 – 291)

„[...] wenn die Kinder vorhersagen müssten, wohin die Kugel von dem Hammerwerfer hingeht, dass die das rund also spiralförmig weiterzeichnen, das glaub ich wissen viele KollegInnen noch nicht [...].“

Zum Kapitel: Zusatzgeschwindigkeit

S-Vorstellung:

Die Lehrkräftebefragung hat ergeben, dass folgende Schülervorstellung weit verbreitet ist: Die ursprüngliche Geschwindigkeit eines Gegenstandes bleibt nach einem Stoß nicht erhalten. Nach dem Stoß sind die Bewegungsrichtung des Gegenstandes und die Richtung des Stoßes gleich. Für den im Lehrgang beschriebenen Versuch 2 bedeutet das beispielsweise:

Der Stoß muss einfach nur fest genug sein, damit die Kugel im Tor landet:

Zielperson B: (226 – 228)

„Dass die Zusatzgeschwindigkeit die gleiche Richtung hat wie die Kraft, die eingewirkt hat. Aber das ist eben diese vorunterrichtliche Vorstellung [...]“

Zielperson C: (227-2230)

Das war wirklich schwierig, weil für sie war das irgendwie nicht schlüssig, weil ihr Ball ja dann tatsächlich immer im Tor gelandet ist. Aber sie haben natürlich nicht gemerkt, dass sie nicht hundertprozentig nicht normal zur Bewegungsrichtung eine Einwirkung ausgeübt haben [...]“

Zielperson F: (314 – 316)

„Ganz extrem ist es dann, wenn man fragt, wenn ich da jetzt gerade auf den Ball draufstoße, wann geht denn die Kugel ins Tor und wann nicht. Ganz viele wieder: Ich muss einfach fest genug draufschlagen, dann geht der Ball ins Tor.“

Tipp: V2

Es gibt keine andere Stelle in dem Lehrgang, bei der so viel von den Befragten angemerkt wurde wie bei diesem Torschuss-V. Obwohl dieser Versuch auf den ersten Blick sehr einfach erscheint, gilt es viele Dinge zu beachten damit dieser auch tatsächlich gelingt. Um sicherzustellen damit der Versuch erfolgreich in der Klasse durchgeführt wird, kann man die Schülerinnen und Schüler bereits vor dem eigentlichen Experimentieren in Vorüberlegungen miteinbeziehen. Durch Sammlung von Vermutungen im gemeinsamen Plenum kann ein Bewusstsein für die Planung und Durchführung geschaffen werden. Da die Motivation, den Ball ins Tor zu schießen die benötigte Aufmerksamkeit den Versuch zu beobachten übertrifft.

Besonders wichtig bei der Versuchsdurchführung ist ein von Anfang an gut vorbereitetes Setting, damit die oben beschriebene S-Vorstellung nicht verstärkt oder erst erzeugt wird:

Dafür sollte die Anfangsgeschwindigkeit der Kugel einerseits nicht zu niedrig sein, aber andererseits auch nicht zu groß sein, da der Versuch sonst zu schnell abläuft. Die Lehrkraft muss sich hier im Klaren sein, dass hier von Anfang an die Stoßrichtung unterbewusst nicht wie im Stroboskopbild 4.3 ausgeführt wird. Um die Stoßrichtung besser zu kontrollieren kann man mit Parallelverschiebung zweier Stifte oder Holzklötze stoßen. Die Konstanz des Stoßes kann man beispielsweise mit Federn realisieren.

Es ist auf jeden Fall zu vermeiden, nach der Versuchsdurchführung das Setting so zu verändern, dass aus der Sicht der Schülerinnen und Schüler die Kugel aufgrund der Veränderung nicht mehr im Tor landet.

Zielperson A: 229 – 235

„[...] da hat es schon einen Aha-Effekt gegeben. Nur ich kann mich erinnern, [...] dass es ein bisschen „pfuschig“ gewirkt hat, das alles. [...] Weil da muss man ein Setting aufbauen, dass das genau so ist, dass man die Kugel auch genau trifft. [...] und dann machen wir halt einen Versuch, wo genau das rauskommt was er uns zeigen will. Also bei diesen Versuchen ist es schwierig das so zu demonstrieren.“

Zielperson B: 252 257

„[...] wobei mit diesen Experimenten das immer ein bisschen schwierig ist, wenn man die Anfangsgeschwindigkeit relativ langsam hat und dann eine starke Krafteinwirkung, dann geht die Kugel praktisch in Richtung der Krafteinwirkung. [...]“

Zielperson C: (249 251)

„[...] nämlich ihnen 2 Stück Holz geben. Dass man wirklich den einen Klotz fixiert und den anderen kann man dann wirklich nur parallel dazu verschieben. [...] Weil, wenn man dann nachjustiert, [...] das ist für sie tricksen, das ist unehrlich (-) da sie jetzt den zweiten Klotz haben. Denn davor ist er immer im Tor gelandet und jetzt „schummelt“ er irgendwie.“

Zielperson D: (95 – 100)

„Wir haben dann auch noch eine große Eisenkugel gehabt und verschiedenste Kugeln, [...] auch gleich einmal so 2-3 Stunden (...) bis man dann sagt OK, was habt ihr da jetzt gesehen? Was habt ihr verändert damit sich was verändert? Wo man hinschaut, damit wir verstehen was sich verändert.“

Zielperson E: (266)

„Was cool wäre ein Link für eine Simulation, damit man das am Computer zeigen kann.“

Zielperson F: (340 351)

„[...] dann kann man sich ja im Vorfeld als Lehrkraft informieren wie das dann im Diagramm aussieht. Dann kann ich mich mit der Masse der Kugel spielen. Und kann dieses Setting mit dem Tor schon vorarbeiten, mit einem A3-Blatt wo das Tor schon aufgezeichnet ist.

Das schwierige ist, die Konstanz des Stoßes, dann funktioniert es.

Oder als Tipp: Leichte Stöße, dann gelingt es. Zuerst das Applet, dann das Torschießen.

Vielleicht gemeinsam mit den Kindern im Vorfeld überlegen, wie man das lösen könnte, um so ein Bewusstsein fürs Experimentieren zu schaffen.“

Hilfreich

Hilfreich wäre hier auch gleich nach der Durchführung von V2 geeignete Arbeitsblätter bei der Hand zu haben.

Schwierig:

Es hat sich bei fast allen Befragungen ergeben, dass die Konstruktionsaufgaben für Schülerinnen und Schüler sehr schwierig sind. Das ist eine reine Übungssache, dafür sollte man auch genügend Unterrichtsstunden einplanen.

Zielperson B: (234 - 235)

„[...] also die Konstruktion ist dann schon noch einmal eine eigene Schwierigkeit.“

Zielperson B: (237 – 239)

„Aber wenn man dann die verschiedenen Konstruktionen macht, wo zum Beispiel eine Endgeschwindigkeit gegeben ist und man muss eine Zusatzgeschwindigkeit dazu konstruieren, das fällt den Schülern teilweise irrsinnig schwer.“

Zielperson C: (328 – 330)

„Ich denke, dass das eine Übungssache ist. Einmal gemacht reicht nicht, sondern möglichst viele Beispiele hernehmen und einfach oft konstruieren lassen. Es ist für mich selbst auch eine Übungssache, also warum sollte es für die Schüler nicht so sein.“

Zielperson D: (107 – 109)

„Also ich finde die Geschichte mit den Pfeilen einzeichnen wirklich schwierig. Das ist etwas was meinen Schülern wirklich schwer fällt oder schwergefallen ist, weil sie auch am Anfang überhaupt nicht verstanden haben: Wo muss ich da jetzt was einzeichnen?“

Zielperson F: (308 – 310)

„Dann bei der Erarbeitung der Pfeildarstellung werden sie dann unruhig und wollen weiterspielen und da muss man einfach wirklich die Arbeitsblätter dann schon mithaben, dass sie das einzeichnen.“

Zielperson F: (354-355)

„[...] braucht viel Zeit und wird den Schülern oft zu langweilig. Also da, für die SchülerInnen, ein Beispiel vorziehen ist eine gute Auflockerung.“

Tipp:

Zwei der Lehrkräfte (Zielperson B und D) konnten in diesem Kapitel erfolgreich eine spielerische Aktivität mit Konstruktionsübungen einsetzen. Dabei wird auf ein Blatt eine breite, ringförmige Rennbahn mit Startlinie gezeichnet. Die Figuren werden auf die Startlinie gezeichnet und mit jedem Zug wandert die Figur um beispielsweise eine Einheit nach vorne. Sobald sich die Figur dem Rand der Rennbahn beziehungsweise einer Kurve nähert, müssen sich die Lernenden überlegen, wie sie die Zusatzgeschwindigkeit wählen, um im nächsten Spielzug auf der Bahn zu bleiben, ohne den Rand zu berühren. Wird der Rand doch berührt, oder landet die Figur außerhalb der Bahn, muss man wieder von der Startlinie aus beginnen.

Dieses Spiel eignet sich hervorragend für die Übung der Pfeilkonstruktionen.

Zum Kapitel: Die Newtonsche Bewegungsgleichung**Gut gegangen:**

Es hat sich bei der Befragung herausgestellt, dass die Zusammenhänge Einwirkung und Zusatzgeschwindigkeit, Einwirkungsdauer und Zusatzgeschwindigkeit sowie Masse und Zusatzgeschwindigkeit sehr gut durch die Sammlung eigener Erfahrungen verinnerlicht werden. Dazu eignen sich Kugelstoßversuche sowie die Verwendung der abgebildeten Applets.

Besonders nützlich ist es, Versuche so auszuwählen, bei denen die Effekte der Reibungskraft so gut wie keine Rolle spielen, da es an dieser Stelle nur um die Zusam-

menhänge geht. Die Reibungskraft wird im Kapitel Kraftarten später als eigene Kraftart eingeführt.

Zielperson C: (348 - 351)

„Das habe ich immer wieder beobachtet, ich habe da einen Stationenbetrieb dazu gemacht. Wir machen jetzt genauere Untersuchungen zur Einwirkung und zur Zusatzgeschwindigkeit. Und habe in den Experimenten diese Parameter Masse, Zeit durchspielen lassen und habe je-desto Sätze als Erkenntnis formulieren lassen.“

Zielperson D: (510 - 516)

„[...] da haben wir viel herumexperimentiert. Auch da wieder versucht, schon angeleitet, damit sie dort hinkommen, aber auch das immer formuliert. [...] Immer wieder umformulieren lassen, damit ein jeder das Gefühl hat, dass seine eigene Sprache auch passt, dass auch jeder zu Wort kommt. Und in einer eigenständigen Art und Weise das auch formulieren kann und sich das Ganze auch zu eigen macht.“

Zielperson F: (431 – 442)

„Ich finde, dass es wichtig ist sich einmal auf die 3 Zusammenhänge sich zu konzentrieren. Damit man dann die NBG zusammensetzen kann.

Also schon mit rollenden Objekten, aber schauen, dass der Ausschnitt der analysiert möglichst noch keine Reibung thematisiert.

Dass man den Versuch so aufbaut, dass die Reibung keinen Einfluss auf das Tempo hat.

[...] Der starke Magnet lenkt halt sehr schnell rum, [...] Da bieten sich die leichten Bälle an, da sie sich leicht ablenken lassen. Der nächste Schritt ist ja dann auch, dass ich die Kugelmasse dann variere und da bietet sich es sich dann auch gut an so weiterzugehen wie bei Seite 18 Abbildung 5.4 mit dem Luftstrom, die Einwirkdauer und die Kugelmasse zu variieren. Das kann man als Schülerexperiment durchführen lassen.“

Zielperson F: (451 – 452)

„Oder man nimmt wieder aus dem Material, welches auf der CD ist, die Kraftstoßbewegungsapplets und arbeitet mit denen.“

Schwierig:

Die eigentliche Herausforderung liegt bei der Newtonschen Bewegungsgleichung. Hier ist es hilfreich besonders viel Wert darauf zu legen, dass die Schülerinnen und Schüler die Gleichung mit ihren eigenen Worten beschreiben.

Zielperson B: (367 – 369)

„Das formale einfach. Also, dass das dann halt doch 4 Buchstaben sind und das $\vec{a}$ ist auch noch dabei und die Pfeile (lacht). Da versuche ich das meistens so zu machen, dass man das in Worten formuliert.“

Zielperson C: (408 – 410)

„[...], dass eine Gleichung was sehr Kompliziertes ist und wenn sie aus 3 Teilen besteht oder 4, ist das sehr kompliziert. Naja, $\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ das ist ultraschwierig. Also Gleichungen sprechen lassen und immer wieder auf diese Experimente zurückkommen.“

Zielperson D: (517 – 525)

„Und ich haben ihnen natürlich auch mal den formalen Zusammenhang gezeigt. Und da haben wir dann immer wieder gesagt: Wie kommen wir jetzt, wenn wir die Formel haben, auf die je-desto Sachen. [...] das braucht aber auch viel Zeit und Geduld damit die Schüler auf das hinkommen. Das haben wir auch wieder mit so Satzanfängen gemacht, mit den je-desto Geschichten. Ich habe dann immer wieder gesagt: Dann setzt euch mal zu zweit zusammen und überlegt euch das und probiert es mal aus.“

Zielperson F: (456 – 457)

„Die habe ich angegeben. Also die Verhältnisse haben wir ja davor mit je-desto-Sätzen geklärt. Und dass dieses Verhältnis jetzt keinen zusätzlichen Proportionalitätsfaktor hat, das gebe ich an.“

Zum Kapitel: Anwendungen der Newtonschen Bewegungsgleichung

Alltagsanwendungen

Schwierig:

Aus der Erfahrung der Lehrkräfte ist die Anwendung der Newtonschen Bewegungsgleichung aus folgenden Gründen für Schülerinnen und Schüler eine Herausforderung: An dieser Stelle ist eine gewisse Abstraktionsfähigkeit nötig, um die wesentlichen Aspekte zu erkennen. Darüber hinaus erhöht sich der Schwierigkeitsgrad der zu besprechenden

Beispiele, falls diese nicht unmittelbar mit der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler verknüpft sind.

Zielperson C: (417 – 420)

„Das fällt schwer, den Jugendlichen, zu abstrahieren und dann auf etwas Anderes zu schwingen. Insofern hätte man da mehr machen müssen, damit sie es dann besser verstehen.“

Zielperson D: (571 – 576)

„Weil wir das in bestimmte Richtungen idealisieren [...] und das ist dann der Zusammenhang. [...] Und das genügt uns als Physiker und das ist eine erfolgreiche Strategie, aber für Schüler ist es das nicht. Sondern die Schüler müssen da herumdiskutieren, wie das genau ist und das hat auch alles seine Berechtigung, ich muss es nur vorher wissen.“

Zielperson D: (585 – 589)

„Sie können das auch durchaus in der Gruppe machen, aber sie müssen es nicht im Sinne von „Ihr müsst jetzt eine Aufgabe lösen“ sondern [...] Ihr sollt mit dieser Formel, mit diesen je-desto Sätzen agieren und diese einbauen. Es geht alles nicht von Null auf Gleich. Es sind gute Diskussions- und gute Schreibanlässe.“

Tipp: Verkehrserziehung

Die Alltagsanwendung c), die Knautschzone wird von Lehrkräften gerne diskutiert, da die Diskussion dieser Anwendung einen wichtigen Beitrag zur Verkehrserziehung liefert.

Zielperson B: (413 – 416)

„[...] einerseits schon ganz gut. Dinge, die man aus dem Alltag kennt, diese Fußballgeschichten oder so. Auf der anderen Seite kann man natürlich ein bisschen Verkehrserziehung machen. Anschnallen, oder was zum Beispiel bringt mir der Airbag bei einem Unfall.“

Zielperson: F (477 – 479)

„Ich glaube, dass es prinzipiell auch wichtig ist, so Sicherheitsaspekte hervorzuheben, weil auch bisher viel Transport und Auto drin war.“

Schwierig:

Die Alltagsanwendung f), das Kletterseil wurde von mehreren Lehrkräften ausgelassen, sofern der Begriff der Elastizität noch nicht eingeführt wurde.

Zielperson B: (419 – 425)

„Das Kletterseilbeispiel finde ich recht schwierig.

I: Warum finden Sie das Kletterseilbeispiel schwierig?

L: Ich glaube das ist nicht so in der Alltagserfahrung der Schüler. Die wenigsten gehen klettern [...]“

Zielperson: D (548 – 552)

„Also so Geschichten wie das mit dem Helm, da stecken halt sehr viel zusätzliche „Konzepte“ dahinter. Oder auch das mit dem Kletterseil. Ich muss da eigentlich wissen, wie das mit der Elastizität ist. Also für mich wäre da jetzt nicht klar, nur aus dem was da drin steht, warum es besser ist, wenn das Seil elastisch ist wie wenn es starr ist.“

Zielperson F: (479 – 481)

„Aber schwierig ist es zum Beispiel, zur Elastizität mit dem Kletterseil. Das würde ich in der Unterstufe nur exemplarisch durchgehen und wirklich ein Gummiband nehmen um zu zeigen, was Elastizität bedeutet und warum ich das gerade bei Kletterseilen oder Bungeeseilen brauche.“

Tipp:

Um hier Abhilfe zu schaffen sind einige der befragten Lehrkräfte so vorgegangen, dass sie zu im Vorfeld sich nach den Interessen der Schülerinnen und Schüler erkundigt haben um genau diese dann anhand der Newtonschen Bewegungsgleichung zu diskutieren.

Zielperson B: (427 – 429)

„Da empfiehlt es sich in meinen Augen, dass man die Klasse ein bisschen kennt oder fragt, wer welche Hobbies hat oder sonst was und dann kann man dann auch auf diese Sachen eingehen.“

Zielperson F: (489 – 500)

„Für Schüler sind halt auch so Kontexte wie Fahrrad, Longboards oder ähnliches auch aus dem Alltag. Weil beim Autofahren sie nur mit. Und nicht jede Familie hat ein Auto.“

Beharrungsprinzip:

S-Vorstellung:

Die Zentrifugalkraft wird von den Schülerinnen und Schülern oft mittels Pfeil nach außen eingezeichnet:

Zielperson B: (440 – 443)

„Also man kennt ja von den S-Vorstellungen oft, dass wenn ein Ding um die Kurve fährt, dass da irgendwelche komischen oder falschen Kräfte eingezeichnet werden. Die Zentrifugalkraft nach außen (...) dann würde dieses Ding nie um die Kurve kommen, so wie es dann tatsächlich dargestellt ist. Und das war eigentlich so (...), dass es mit diesem Zusatzgeschwindigkeitsding relativ easy war.“

Gut gegangen:

Das Beharrungsprinzip lässt sich auch gut anhand einem an einer Schnur montierten Gegenstandes zeigen, welche anfangs im Kreis bewegt wird und zu einem gewissen Zeitpunkt wieder losgelassen wird. Um nicht zusätzlich den Einfluss der Gravitation auf die Bewegung des Gegenstandes zu diskutieren, führt man den Versuch nicht in der Luft, sondern besser am Boden durch. Falls hier von der Bewegung des Gegenstandes ein Stroboskopbild erzeugt wird, sollte der Zeitraum der Aufnahme so gewählt werden, dass auch hier keine Reibungseffekte so wenig wie möglich sichtbar sind:

Zielperson E: (186 – 190)

„[...], dass wir halt einen Ball an einer Schnur drehen und mit einer SloMo-Aufnahme mit dem Handy schauen, wo sich der Ball hinbewegt. [...] also eigentlich ein Engage für die Geschwindigkeitsaddition und gleichzeitig ein Elaborate für Beharrungsprinzip.“

Zielperson B: (449 – 457)

„Aber unter dem Einfluss der Schwerkraft macht dann der Ball einen Bogen. Also das wird so oft genommen, dieses Beispiel [...] glaube ich ist es besser, dass man dieses, wenn man das unbedingt schon machen möchte, dieses Ding am Boden dreht und dann loslässt dann hat man diese Reibung die das verlangsamt. [...] Man kann auch auf jeden Fall eine Stroboskopaufnahme davon machen.“

Tipp: Mit Luftkissenbahnen arbeiten beziehungsweise Ball an Schnur befestigen und drehen.

Zielperson F: (536 – 540)

Gerade aber hier, um auf der konzeptuellen Ebene zu arbeiten, da sind die ebenen und die gekurvten Bahnen wichtig.

Auf einer Ebene auflegen ist ja schon mal schwierig, dass der Tisch schon mal eben ist. Und dann eben ein Luftkissenfahrzeug, dass sich in alle Richtungen bewegen kann. Hinterher kann man es noch immer schienen.“

Hilfreich:

Einige der befragten Lehrkräfte würden es begrüßen, zur Veranschaulichung ein Video zur Verfügung zu haben:

Zielperson B: (458 – 460)

„[...] ein nettes Video gebracht, das ich dann auch verwendet habe: Wo ein Auto fährt und am Dach was drauf hat und das ist nicht gut angebunden. Und das Auto fährt in die Kurve und das Ding am Dach fährt einfach geradeaus weiter.“

Zielperson C: (483 - 485)

„I: Hätten Sie sich da mehr Links oder Videos gewünscht?

L: Immer, wirklich. Ich habe das einfach nicht in der Form speziell behandelt.“

Zum Kapitel: Das Wechselwirkungsprinzip

Dass dieses Kapitel sehr anspruchsvoll ist, darüber ist sich der Großteil der befragten Lehrkräfte einig.

Zielperson C: (539 – 541)

Ich traue mich wirklich wetten, dass das 3.Axiom von vielen Physikern nicht richtig verstanden wird. Wenn du ihnen ein Beispiel gibst und es gilt alle Kräfte einzuzeichnen. Dann bin ich mir sicher, dass einige dabei sind, die das falsch machen. Aber wirklich jetzt, es ist wirklich schwierig.

Gut gegangen:

Das Beispiel a) Fluch der Karibik wird von den Schülerinnen und Schülern sehr gut aufgenommen und verstanden:

Zielperson C: (517 – 518)

„Es fällt ihnen leicht, so Beispiele, wie das mit der Kanone, das leuchtet alles ein. Aber wenn da Reibung dazukommt, je mehr Kräfte da sind, desto schwieriger wird es.“

Zielperson F: (566 – 569)

„Also die Beispiele die hier drin sind, wurden gut verstanden. Also auch mit der Kanone. Ich würde das prinzipiell in etwas einpacken, was gerade aktuell ist.“

Tipp:

Folgendes Gedankenexperiment, wurde von den Befragten (Zielperson B und Zielperson C) um das Verständnis zu fördern, im Unterricht besprochen:

„Michelangelos Gehilfe soll einen Marmorblock mithilfe eines Schlittens bewegen. Er sagt zu seinem Chef: „Wenn ich eine vorwärts gerichtete Kraft auf den Schlitten ausübe, übt der Schlitten eine gleich große und entgegen gerichtete, also rückwärts gerichtete Kraft aus. Wie soll ich den Schlitten also jemals in Bewegung setzen? [...]“

(vgl. Giancoli. Physik, 2010:113)

Hilfreich:

In diesem Kapitel würden sich die befragten Lehrkräfte mehr Arbeitsblätter wünschen um das Einzeichnen der Kräfte zu üben.

Zum Kapitel: Kraftarten

Einige der Lehrkräfte würden hier bereits Thematisieren, dass die Gravitationskraft, die magnetische sowie die elektrische Kraft fernwirkende Kräfte sind. Im Gegensatz zur Reibungskraft findet hier eine berührungslose Kraftübertragung statt.

Magnetische Kraft

Tipp:

Um das Wechselwirkungsprinzip anhand der magnetischen Kraft zu verdeutlichen kann man den in Abbildung 8.3 abgebildeten Versuch durch folgende Modifikation gut als Schülerexperiment durchführen. Statt einen der Magnete in die Hand zu nehmen, kann man diesen ebenfalls auf ein Wägelchen setzen, oder aber auch beide Magnete auf Korkstöpsel im Wasser schwimmen lassen oder einfach beide Magnete an einer Schur aufhängen.

Zielperson E: (296 – 299)

„Zur Abbildung 8.3: [...] Ich würde entweder beide auf ein Wägelchen geben oder auf Korkstöpsel im Wasser, sodass sich beide abstoßen oder anziehen können. Mit dem Wägelchen hat man keine Reibung. Den Magnet, den ich mit den Fingern halte, da merkt man das ja gar nicht. Ich würde das deutlich machen, dass das ein Wechselwirkungsprinzip ist.“

Zielperson F: (614 – 616)

„Also sich bewusstmachen, dass man das Wechselwirkungs-Prinzip ausklammert, wenn man den Magneten hält (S. 28, Abbildung 8.3), denn wenn man den auch auf ein Wägelchen stellt dann sieht man, dass beide eine Zusatzgeschwindigkeit erhalten.“

Hilfreich:

Bei den Kraftarten wäre ein kleiner Hinweis, der darauf aufmerksam macht, dass die Kraftarten hier nur phänomenologisch vorgestellt werden, von Vorteil. Da doch einige der Befragten hier zur Vorsicht raten:

Zielperson D: 753 – 755

„Nein. Also das, was wir besprochen haben, war die Gravitationskraft und die magnetische Kraft und die elektrische Kraft. Da haben wir aber nicht viel drüber gesprochen, weil über Elektrizität habe ich mit ihnen bis zu diesem Zeitpunkt noch gar nicht gesprochen.“

Zielperson: F: (613 – 613)

„Dann bei dem Magneten ist es vielleicht wichtig dazuzusagen, man macht sich da sehr schnell das Thema Magnetlehre auf (mit den Polen), also vielleicht einen Magneten und einen Eisenstab nehmen. Das würde ich passend finden. Denn dann hat man nur die anziehende Wirkung, egal bei welcher Seite.“

Reibungskraft

Hilfreich:

Gedankenexperiment:

Die Schülerinnen und Schüler diskutieren Bewegungen auf spiegelglattem Eis. Ist eine Tempo- oder Richtungsänderung ohne Schlittschuhe überhaupt möglich?

Zielperson B: (581 – 587)

„Mit diesem Beispiel ist, eigentlich von der Klasse, das Trägheitsprinzip gekommen. [...] Wie schaut das aus, wenn ich mich auf einer total spiegelglatten Eisfläche bewege [...] Und die eine Schülerin hat dann auch gesagt, aber eigentlich kann man dann auch die Richtung dann nicht ändern. Das war ganz cool, was da dann rausgekommen ist, mit der Reibungskraft.“

Zum Kapitel Kräftegleichgewicht:

Tipp:

Da auch dieses Thema sehr anspruchsvoll ist, raten die befragten Lehrkräfte, sich unbedingt gut mit den Aufgaben vertraut zu machen. Es können nur diejenigen Beispiele mit den Schülerinnen und Schüler besprochen werden, bei denen sich die Lehrkraft absolut sicher ist.

Zielperson F: (703 – 706)

„Also wirklich die Beispiele selbst gut verstehen und dann mit den Schülern durchbesprechen. Also nichts anfangen durchzubesprechen, wo ich mir selber nicht sicher bin. Also ich möchte nicht behaupten, dass ich da jedes Beispiel gut beschreiben kann.“

Schwierig:

Das Kräftegleichgewicht wird von Schülerinnen und Schüler oft mit dem Wechselwirkungsprinzip verwechselt.

B, C,

Zielperson B: (648)

„[...] das Kräftegleichgewicht, das leicht mit dem Wechselwirkungsprinzip verwechselt wird.“

Zielperson C: (664 – 665)

„Ja, weil sie es mit dem WW-Prinzip verwechseln. Und das kann man oft sagen, aber das ist auch so schwierig am WW-Prinzip.“

Wünschenswert:

Mehr Beispiele anhand derer das Kräftegleichgewicht besprochen werden kann.

Gut gegangen:

Die Diskussion der wirkenden Kräfte auf den Fallschirmspringer, welches im Buch als Beispiel a) angegeben ist wird von mehreren Lehrkräften empfohlen, da es von den Lernenden sehr gut verstanden wird.

Tipp:

Zusätzlich können zur Diskussion von Beispiel a), die Kräfte in jeder Flugphase eines Fallschirmspringers besprochen werden.

Zielperson D: (765 – 770)

„Damit sich praktisch etwas nicht bewegt, genügt es nicht, dass nur die Kräfte im Gleichgewicht sein, sondern es muss auch das Tempo Null sein und die Kräfte müssen sich im Gleichgewicht befinden. Nur dann bewegt sich der Körper nicht. So wie der Tisch mit der Obstschale. Und wenn ich sage, nur das Kräftegleichgewicht genügt. Dann dürfte so etwas nicht sein. Denn da habe ich das Kräftegleichgewicht auch da. Da ist die Kraft nach unten genauso groß wie die Kraft nach oben. Aber der Fallschirmspringer fällt trotzdem.“

Zielperson F: (683 – 690)

„Bei mir ist das immer der Fallschirmspringer, dass man da mal wirklich den gesamten Ablauf anschaut. Also man steigt aus, beginnt zu beschleunigen, also die Geschwindigkeit ändert sich mit jedem Zeitschritt und wird mehr. Dann, ab einer gewissen Höhe, öffne ich den Schirm und dann ist es spannend mit der Oberstufe sich anzusehen, wie sich jetzt tatsächlich die Geschwindigkeit ändert, wie sich die Beschleunigung ändert. Und irgendwann habe ich dann den Grenzfall, dass die Kraft vom Luftwiderstand gleich groß und entgegengesetzt gerichtet ist wie die Erdanziehungskraft. Und dann fällt der aber noch immer nach unten und das ist dann den Schülern klar.“

Kraftpfeile aneinander hängen

Dieses Kapitel wurde von zwei der befragten Lehrkräfte unterrichtet.

Dabei kam bei Zielperson C die Schwierigkeit der Konstruktion beim Kontextwechsel stark zum Vorschein:

Zielperson C: (683 – 688)

„Ich habe das jetzt nicht grafisch großartig aufbereitet, das waren nur Rechtecke wo ich darüber Hund und Schlitten darübergeschrieben habe. Davor war es halt ein großes und ein kleines Boot. Ich glaube halt, dass das alleine schon reicht, weil der Schlitten fährt nicht am Wasser, er hat Reibung, die Hunde haben Beine. Ich glaube, dass da ganz viele Bilder aufpoppen, wo man nur minimal was ändert, was dazu führt, dass man das Konzept nicht mehr im Kopf hat.“

Zielperson F wies darauf hin, dass man während der Konstruktion deutlich macht, dass das Blatt nicht an der Pfeilspitze des resultierenden Kraftpfeiles auch ankommen muss und würde hier den Bogen zur Momentanrichtung spannen:

Zielperson F:

„[...] weil das Blatt sich quasi in diese Richtung bewegt, wo $\vec{F}_{res}$ steht, das heißt aber nicht, dass es irgendwann bei der Pfeilspitze ankommt. Da könnte ja zwischendurch, das ist ja die momentane Kraft, es könnte ja zwischendurch wieder ein Windstoß kommen. Dann haben wir in irgendeine Richtung noch eine Einwirkung.“

7. Ergebnis der Autorenbefragung

Nach der Analyse des Materials der Autorenbefragung kann man folgende, wichtige Punkte und Informationen zu dem Konzept und dessen Verwendung zusammenfassen:

Zunächst folgt ein Überblick über allgemeine Informationen zu dem Konzept:

Die Struktur des Buches ist so aufgebaut, dass eine Doppelseite einer Unterrichtsstunde entspricht. Für einen optimalen Lernerfolg empfehlen die Autoren, sich genau an das Konzept zu halten.

Darüber hinaus ist es nicht erforderlich den Beschleunigungsbegriff während dem Einsatz des Konzeptes einzuführen. Einerseits, weil dies ein schwieriges Konzept ist und andererseits, weil dadurch ein zweites Fremdwort neben der Zusatzgeschwindigkeit eingeführt wird:

Autor 1: (78)

„Auch der strukturelle Aufbau des Buches ist für den Erfolg maßgeblich.“

Autor 2: (58 – 59)

„Wir haben das Buch mit einem Doppelseitenprinzip konstruiert. Also eine Doppelseite ist eine Schulstunde.“

Autor 2: (125 – 130)

„Bei dem Schulbuch, würde ich sagen, halten sie sich eng da dran an bis sie selber genug Erfahrung haben, dass Sie darüber variieren können. Aber nicht gleich von Anfang an. Also ich würde zum Beispiel abraten irgendwo 2 Stunden mitten rein zu machen, um die Beschleunigung eingeführt zu haben [...] Das haben ein paar Lehrer in der Studie gemacht, das sieht man dann auch an den Daten, dass diese dann nicht so gut abschneiden.“

Vorgehen bei Zeitmangel:

Darüber hinaus konnten folgende wichtige Informationen bezüglich des Zeitmanagements in Erfahrung gebracht werden:

Beide Autoren weisen darauf hin, dass selbst bei Zeitmangel keinesfalls Inhalte ausgelassen werden sollten, da dies den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler mindert. Vielmehr wird eine Verkürzung aller Inhalte entsprechend ihrem Umfang empfohlen. Besonders aber am Anfang ist es wichtig, genügend Zeit einzuplanen. Eine mögliche Sollbruchstelle bildet das Ende des 4. Kapitels. Die komplette Kinematik kann somit in der zweiten Klasse durchgenommen werden.

Autor 1: (74 – 75)

„Der Kern des Buches ist die NBG und ihre Anwendungen. Natürlich soll man am Anfang (Bewegung, Geschwindigkeit) genug Zeit einplanen, da sonst der Grundstock fehlt.“

Autor 2: (64 – 67)

Ja, das bereuen sie dann auch. Das ist schon so gemacht. Wir haben versucht das so zu machen, dass wenn man es so macht wie es da steht, auch ungefähr mit dem Tempo. Wir haben versucht das mit dem Tempo auch durch die Textlänge zu steuern. Also, dass bei Sachen die schwer sind, da brauchen die Schüler lange, viel Text haben und viele Beispiele.

Autor 2: (69 – 73)

„Also wir empfehlen schon ungefähr, also wenn man insgesamt weniger Zeit hat, dann insgesamt knapper zu machen, aber nicht Sachen auszulassen. Also das wäre schon der Tipp, die Proportionen zu behalten. Und das kommt ja auch raus, dass je detail- und konzepttreuer die Kollegen unterrichten, desto besser lernen die Schüler.“

Beide Autoren raten zusätzlich dazu, möglichst wenig beziehungsweise keine Zeit zum Thema Masse und Gewicht zu investieren. Das kann je nach Lehrplan variieren.

Autor 1: (52 - 55)

„Träge und schwere Masse wird auch nicht unterschieden, da der geschichtliche Weg hier einfach nicht nötig ist. Das ist er in der ganzen Schullaufbahn nicht. [...] und seit Einsteins Relativitätstheorie weiß man, dass sie gleich sind.“

Autor 2: (75 – 78)

„Also die Zeit muss man dann wo anders sparen. Also man muss nicht 3 Stunden über Masse und Gewichtskraft machen in der 2. Klasse. Also Beschleunigung würde ich dann auch kurz mal

erwähnen, das sagt dann ein kleiner Kasten für Spezialisten, da kann man das erwähnen und man hat den Lehrplan erfüllt und gut.“

Hat man wirklich keine Zeit, so kann laut Autorenbefragung am ehesten das Kapitel der Kraftarten ausgelassen werden da diese phänomenologisch vorgestellt werden. Jedoch sollte die Reibungskraft unbedingt behandelt werden.

Auch das Kapitel der Wechselwirkungskraft kann im Notfall ausgelassen werden.

Autor 1: (76 – 77)

Bei den Kräften könnte man einsparen, aber bloß nicht bei der Reibungskraft. Theoretisch kann man auch das WW-Prinzip einsparen, da nicht darauf aufgebaut wird.

Autor 2: (336 – 339)

„I: Was würden sie Lehrkräften raten, wenn diese das Kapitel Kraftarten auslassen möchten?

A: Das kann man relativ gut auslassen. Das ist relativ kurz und relativ phänomenologisch. Im Prinzip ist das so eine propädeutische Vorbereitung fürs Freistellen.“

Beschreibung und Darstellung von Bewegungen

Tipp:

Die Autoren bieten hier einerseits Software (Autor 1 empfiehlt Live Video Strobe) zur Aufnahme von Stroboskopbildern an und empfehlen mit den Lernenden Stroboskopbilder selbst zu erstellen:

Autor 2 (291)

„[...] Motionshot, ich würde Schüler unbedingt selbst Stroboskopaufnahmen machen lassen.“

Wie schnell? Wohin?

Tipp:

Auch hier kann man problemlos zwischen Durchschnitts- und Momentantempo unterscheiden:

Autor 1: (24)

„Qualitativ, also ohne der Verwendung des Grenzwertbegriffs, problemlos möglich“

Die Zusatzgeschwindigkeit

Tipp:

Die besten Effekte erzielt man beim Torschuss-Experiment, wenn die Kugel eine sehr große Masse hat. Am besten eignet sich eine große Eisenkugel. (vgl. Gesprächsprotokoll Autor 1, 28/29)

Konstruktion

Tipp:

Bei den Konstruktionen ist es wichtig, bei der Addition zu bleiben. Schülerinnen und Schüler können Pfeile problemlos addieren, aber nicht subtrahieren. Durch gezielte „und wieviel ist ...?“ Überlegungen können die Schülerinnen und Schüler selbst den Pfeil der Zusatzgeschwindigkeit konstruieren.

Autor 1: (32 – 33)

„Zum Thema Konstruktion: Die Aufgaben werden alle nur durch die Addition gelöst. Die Addition ist einfacher und bietet sich hier besser an.“

Autor 2: (31 – 35)

„Was klappt ist, dass die Schüler scharf nachdenken. Also ich habe den Pfeil und am Schluss muss der Pfeil rauskommen, also welchen Pfeil muss ich zu dem noch dazu nehmen, damit dann der rauskommt. Also da muss ich nachdenken. Sie können die Gleichung nicht lösen, aber durch

scharfes Nachdenken kommen sie da drauf. Man muss sie ein bisschen anleiten dabei und wie man den Aufgabentyp löst.“

Autor 2: (299 – 300)

„Aber sofern man bei der Addition bleibt, gibt es kein Problem.“

Tipp:

Um die Pfeilkonstruktionen zu üben wird empfohlen Übungen mit an der Tafel haften- den Pfeilen und mit den Arbeitsblättern im Lehrerband Mechanik I zu arbeiten. (vgl. Transkript Autor 1: 43 – 50)

Es wird von beiden Autoren davon abgeraten, den Vektorbegriff an dieser Stelle einzu- führen. Es wird der Pfeilbegriff bewusst verwendet, da der Vektorbegriff aus der Ma- thematik teilweise noch nicht bekannt ist. Für die Lehrkräfte ist es auch von Vorteil, zu- nächst auf den Vektorbegriff zu verzichten um sich selbst zu verdeutlichen, dass es hier wirklich um grundlegende Sachverhalte geht.

Autor 1: (10 – 12)

„Man arbeitet hier mit Pfeilen. Der Begriff Vektor wird auch in erster Linie deshalb nicht verwendet, da er von der Lehrperson aus schon sein sehr überladener Begriff ist (Vektorraum, analytische Geometrie, ...). Der Mathematikunterricht muss nicht im Physikunterricht geschehen.“

Die Newtonsche Bewegungsgleichung

Tipp:

Beide Autoren halten fest, dass die Newtonsche Bewegungsgleichung hier vom Himmel fällt, vor oder nach den Experimenten. Die Produktform ist für Schülerinnen und Schüler leichter nachzuvollziehen:

Autor 1: (44 – 48)

„Zuerst wird das 2.Axiom eingeführt – es fällt als Definition vom Himmel und wird nicht anhand von Experimenten hergeleitet. Hier ist der Proportionalitätsfaktor genau 1.

Die Formel wird hier rein qualitativ eingeführt, ansonsten müsste man die Begriffe Masse, Kraft, ... ordentlich definieren.“

Autor 2: (82 - 83)

„Und wir haben immer wieder gehört, dass diese Produktgleichungen auch viel einfacher zu verstehen sind und das ist ein doppelter Quotient.“

Das Beharrungsprinzip

Tipp:

Es wird absichtlich nicht das Wort Trägheit benutzt, damit keine Schülervorstellungen gefördert werden.

Tipp:

Anhand der Abbildung 6.7 ist das Beharrungsprinzip wesentlich einfach nachzuvollziehen, da man das Auto von außen betrachtet.

Autor 1: (56 – 62)

„Danach folgt das Beharrungsprinzip und nicht Trägheitsprinzip, um mit dem Begriff Beharrung, welcher neutral ist, nicht falsche Schülervorstellungen zu generieren (wenn ich träge bin, dann werde ich immer langsamer und bleibe irgendwann stehen).

Das Beharrungsprinzip wird im Buch durch die Abbildung 6.7 veranschaulicht. Und zwar nicht aus der Bewegung heraus, so wie es klassisch immer der Fall ist, sondern man beobachtet von

außen. So wirkt man Schülervorstellungen entgegen, welche generiert werden, wenn man vom bewegten System aus beobachtet.“

Autor 2: (171 – 174)

„Das, mit der Trägheit ist nämlich auch so ein Problem: Es gibt ja keine physikalische Größe die Trägheit heißt, sie hat aber so eine komische Rolle im Physikunterricht, dass wir ganz oft mit so „Handwaving-Argumenten“ uns auf die Trägheit beziehen. „

Kraftarten

Tipp:

Dieses Kapitel dient nicht der Anwendung des Wechselwirkungsprinzips, sondern stellt Kraftarten phänomenologisch vor.

Autor 2: (339 – 343)

„Wenn man ein bisschen eine ausführliche Mechanik betreiben will, dann muss man am Schluss immer wissen welche Kräfte wirken alle auf meinen Körper und da ist es gut zu wissen: Es gibt WW-Kräfte und es gibt Kontaktkräfte. Und das ist so ein bisschen propädeutisch. Es gibt WW-Kräfte, Gravitation, Magnetismus und elektrische Kraft und dann gibt es Reibung, also so Kontaktkräfte.“

8. Diskussion

Durch die Befragung der Autoren des Lehrganges konnten die Erfahrungen der Lehrkräfte durch weitere wichtige Anmerkungen ergänzt werden.

Kapitelweise wird mittels Randnotizen ein kurzer Überblick über das jeweilige Kapitel gegeben. Gleich danach werden die verbreitetsten Schülervorstellungen zu diesem Thema aufgelistet, und wo diese nachzulesen sind. Zusätzlich zu den Hinweisen, mit denen sich an die Lehrkraft direkt gewendet wird, finden sich an vielen Stellen geeignete Tipps und Aktivitäten. Auch Arbeitsblätter, Videos oder Simulationen aus der DVD werden vorgeschlagen. Weiters werden geeignete Aktivitäten, die gemeinsam mit Schülerinnen und Schülern ausgeführt werden können aufgeführt.

Weitere Informationen die Auskunft über die Verwendung des Buches und über weitere Zusatzmaterialien geben, werden im Vorwort gegeben. Alternativ lassen sich viele Materialien auch auf unter den angegebenen Links auffinden. Eine Auflistung geeigneter Nachschlagewerke, die sich bewährt haben wurde ebenfalls hinzugefügt.

8.1. Vorwort:

Da sich durch die Befragung die Notwendigkeit eines kurzen und kompakten Vorwortes herauskristallisiert hatte, werden im Folgenden die wesentlichen Inhalte für das Vorwort zusammengefasst:

- **Grundideen des Lehrganges**
 - Einführung über die Dynamik und nicht über die Statik
 - Geschwindigkeit wird von Anfang an als vektorielle Größe eingeführt
 - Verzicht auf den schwierigen Beschleunigungsbegriff, dafür zentrale Bedeutung der Zusatzgeschwindigkeit
 - Einführung der NBG in der Kraftstoßformulierung
- **Zur Verwendung**
 - Doppelseitenformat (1 Doppelseite entspricht einer Schulstunde)
 - Je konzepttreuer der Unterricht desto größer der Lernerfolg
 - Bei Zeitmangel: Schneller durchgehen, aber nichts auslassen – Proportionen beibehalten
 - erst bei genügend Erfahrung über das Buch variieren
- **Smartphone/Medien-Einsatz**
 - Sony Motion Shot – Bewegungsaufnahme – Stroboskopbilder (nur für Android kostenfrei)
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sony.motionshot>
<https://itunes.apple.com/us/app/motion-shot/id941542721?mt=8>
 - Runtastic
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android&hl=de>
<https://itunes.apple.com/de/app/runtastic-laufen-joggen-fitness-und-gps-tracker/id336599882?mt=8>
 - Live Video Strobe
<http://www.thomas-wilhelm.net/software.htm>
 - Simulationen
<https://phet.colorado.edu/>
- **Key-Ideas und Schülervorstellungen:**
 - AAAS Science Assessment:
<http://assessment.aaas.org/>
 - Science Literacy Maps:
<http://strandmaps.dls.ucar.edu/>
- **Zusatzmaterial**
 - DVD zur Lehrerausgabe: Mechanik I
 - Videos
 - Simulationen
 - Arbeitsblätter
 - Bilder
 - http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/mechanikkonzept/index.html

- **Empfohlene Nachschlagewerke**

- Giancoli – Physik
- Demtröder – Experimentalphysik I
- Tipler – Physik
- Chabay and Sherwood – Matter and Interactions
- Bergmann/Schäfer – Lehrbuch der Experimentalphysik
- Halliday - Physik

8.2. Flanke – Kopfball – Tor!!!

- **Key-Idea:** In der Mechanik wird der Zusammenhang zwischen Einwirkungen und Änderungen der Bewegungen untersucht

8.3. Die Darstellung und Beschreibung von Bewegungen

- **Key-Idea:**
 - Zur Beschreibung einer Bewegung müssen zu bestimmten Zeitpunkten die zugehörigen Orte angegeben werden
- **S-Vorstellung:** Bewegungsbeschreibungen erfolgen ganzheitlich, es wird meist nur von schneller Bewegung, Kreisbewegung, ... gesprochen. Die Änderung von Bewegungen wird nicht beachtet. Im Vergleich zum Alltagsdenken wird einem Körper, der sich bewegt jedem Zeitpunkt eine Bewegung zugeschrieben. (vgl. Müller/Wodzinsky/Hopf, 2011:108/109)
- **Tipp:** Darauf achten, dass man hier noch nicht den Geschwindigkeitsbegriff verwendet. Der Begriff wird erst später eingeführt und jetzt noch nicht gebraucht.
- **Aktivität - Stroboskopbild selbst erstellen**
 - Materialien:
Smartphone, Sony Motion App, weißes Flipchart-Papier, dunkler Flummi, Klebeband, Schere
 - Beachte:
Im Stroboskopbild sollte der Flummi mindestens zweimal am Boden auftreffen.
- **Tipp:** Abb. 2.3: Die Beschreibung der Bewegung des Flugzeuges gemeinsam durchgehen oder gut anleiten!
- **Arbeitsblatt:**
 - A2.1 Weissstorch
 - A2.2 Beschreibung Bewegung

In diesem Kapitel ist es aufgrund der Erfahrung der Lehrkräfte besonders wichtig, dass der Geschwindigkeitsbegriff noch nicht erwähnt wird. Bereits hier gilt es besonders sorgfältig mit der Auswahl der Begriffe umzugehen sowie auch bei den Schülerinnen und Schülern darauf zu achten, dass diese den Geschwindigkeitsbegriff auch nicht verwenden. Aufgrund der Lehrkräftebefragung findet sich deshalb hier der Hinweis.

Da in dem Lehrgang immer wieder Bewegungen anhand Stroboskopbilder dargestellt sind, bietet es sich förmlich an, an Stroboskopbilder anhand dieser Aktivität einzuführen.

Passend dazu wurden aus dem Unterrichtsmaterial Arbeitsblätter herausgesucht, welche sich zum Bearbeiten eignen.

Zusätzlich wurde noch ein Tipp zur Beschreibung der Bewegung des Spielzeugfliegers eingefügt, da die Lehrkräftebefragung gezeigt hat, dass hier die Lernenden auf eine Herausforderung stoßen.

8.4. Wie schnell? Wohin?

- **Inhalt:** In diesem Kapitel wird die Geschwindigkeit als zweidimensionale Größe eingeführt.
- **Key-Idea:**
 - Um die Bewegung eines Gegenstandes zu beschreiben, muss man an jedem Punkt der Bewegung angeben, wie schnell und wohin er sich fortbewegt.
 - Das Tempo beschreibt, wie schnell sich ein Gegenstand bewegt
 - Die Geschwindigkeit eines Gegenstandes setzt sich aus seinem Tempo und seiner Richtung zusammen
- **Tipp: V1 – Blindes Fangen in Zeitlupe**
 - Material: Textilien, um die Augen zuzubinden
 - Ablauf: Versuchsdurchführung mit abschließender Diskussion im Plenum
 - Durchführung: Möglichst kleine Gruppen damit alle in die verschiedenen Rollen schlüpfen können

Dieser Versuch wird gerne von den Lehrkräften durchgeführt. Dabei wurden die Tipps zur Versuchsdurchführung, die sich durch die Lehrkräftebefragung ergeben haben, zusammengefasst und aufgelistet.

8.4.1. Tempo

- **S-Vorstellung:** Geschwindigkeit und Tempo sind Synonyme (vgl. Zielperson A, 156)
- **Tipp:** Tempobegriff durch die Alltagssprache fördern: Tempomat, Tempolimit, ...
- **Tipp/Hinweis:** Einheitenumrechnungen sind sehr zeitaufwändig
- **Tipp:** Bei der Besprechung der Formel auf die Flugroute von Max zurückgreifen
- **Aktivität – Tempomessung**
 - Smartphone, Tracking App (Runtastic), Taschenrechner (optional)
- **Tipp: Tabelle 1**
 - Taschenrechner (optional)
 - Eintragungen der Tabelle gemeinsam besprechen
 - Ergebnisse der Tempoberechnungen ebenfalls in einer Tabelle darstellen
- **Arbeitsblatt:**
 - A3.1 Tempo
 - A3.2 Biathlon
 - A3.3 Wettlauf
- **Tipp/Hinweis:** Thematisierung von Durchschnitts- und Momentantempo.

Da alltagssprachlich bedingt oft von Geschwindigkeit gesprochen wird, obwohl das Tempo gemeint ist, kann es hilfreich sein den Tempobegriff, welcher ja auch im Sprachgebrauch verwendet, wird in den Vordergrund zu stellen.

Da Schülerinnen und Schüler bei der Umrechnung der Einheiten teilweise auf große Schwierigkeiten stoßen, wird hier der Hinweis gegeben, dass dies bei der Planung berücksichtigt werden muss.

Da auch bei der Formel gehäuft Schwierigkeiten auftreten, wird hier empfohlen diese anhand der Bewegung von dem Storch Max zu besprechen.

Auch die Aktivität Tempomessung wird an dieser Stelle eingefügt (gleich nach der Formel), damit diese gleich anhand eigener Daten besprochen und angewendet werden kann.

Weiters wird mit einem weiteren Tipp darauf hingewiesen, dass Schülerinnen und Schüler nicht genau darauf achten, welche Eintragungen in der Tabelle aufgelistet sind und einfach losrechnen.

8.4.2. Richtung

- **S-Vorstellung:**
 - Unter der Bewegungsrichtung wird nicht die momentane Richtung verstanden, sondern das Ziel des gesamten Bewegungsablaufes (vgl. Wiesner/Schecker/Hopf, 2011:38)
 - Zwei Körper haben die gleiche Bewegungsrichtung, wenn sie auf das gleiche Ziel zulaufen (vgl. Müller/Wodzinski/Hopf, 2011:109)

8.4.3. Geschwindigkeit

- **Tipp:** Man kann es nicht oft genug erwähnen: Die Geschwindigkeit setzt sich aus Tempo und Richtung zusammen.
- **Aktivität:** Im selbst erstellten Stroboskopbild Geschwindigkeitspfeile einzeichnen
- **Tipp:** Zur Diskussion und Veranschaulichung von Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit und Veranschaulichung eignet sich besonders gut die Sony Motion App
- **S-Vorstellung** zu Abbildung 3.17 und 3.18
 - Die Richtung wird oft als Muster interpretiert: Ein Körper der sich im Kreis bewegt hat immer die gleiche Richtung, nämlich im Kreis herum. Die Richtungspfeile werden deshalb entsprechend kreisförmig gebogen gezeichnet und geben den Umlaufsinn der Bewegung an.
(vgl. Müller/Wodzinsky/Hopf, 2011:108)
- **Arbeitsblatt:**
 - A3.4 Fussballspiel
 - A3.5 Stroboskopbilder
 - A3.6 Bewegung Radar
 - A3.7 Windsurfer
 - A3.8 Autos Geschwindigkeit
 - A3.9 Kurvenfahrt Autos
 - A3.9 Kurvenfahrt Autos
 - A3.10 Flugzeuge
 - A3.11 Frontalzusammenstoß

Gemäß der Lehrkräftebefragung finden sich drei wichtige Tipps. Der erste weist darauf hin, dass der Zusammenhang zwischen Tempo, Richtung und Geschwindigkeit erst durch unablässiges wiederholen in den Köpfen tatsächlich hängen bleibt.

Da es sich sehr bewährt hat, Geschwindigkeitspfeile in selbst gemachte Stroboskopbilder einzuzeichnen wird diese Aktivität passend zum Beispiel b) angeboten.

Darüber hinaus wird mit einem folgenden Tipp darauf hingewiesen, dass sich die App Bewegungsaufnahme auch für die Veranschaulichung von Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeiten eignet.

8.5. Die Zusatzgeschwindigkeit

- **Inhalt:** In diesem Kapitel wird die Zusatzgeschwindigkeit als neuer Begriff eingeführt und der Zusammenhang von Zusatzgeschwindigkeit und Einwirkung gefestigt. Die Konstruktion von End- und Zusatzgeschwindigkeit wird anhand von Pfeiladditionen geübt.

8.5.1. Die Zusatzgeschwindigkeit als Folge einer Einwirkung

- **KeyIdea:**
 - Durch eine Einwirkung erhält ein Körper eine Zusatzgeschwindigkeit.
 - Die Richtung der Einwirkung und die Richtung der Zusatzgeschwindigkeit sind gleich
- **S-Vorstellung:**
 - Ursprüngliche Geschwindigkeit bleibt nicht erhalten. Das Objekt bewegt sich nach dem Stoß in Richtung der einwirkenden Kraft weiter und hat die gleiche Richtung in die die Kraft gewirkt hat. (vgl. Zielperson B, 224-228)
- **Aktivität: V2 – Übung 2**
 - **Tipp:** Sorgfältig vorbereiten – kann sonst S-Vorstellungen verstärken!
 - Lernende in die Planung miteinbeziehen, da es sonst nur darum geht ins Tor zu treffen.
 - Den Versuch im Vorfeld ausprobieren um das Setting richtig zu dimensionieren
 - Nach dem Versuch kann Unruhe in der Klasse entstehen, gleich nach der Durchführung Arbeitsblatt Simulation I austeilen und bearbeiten lassen.
 - Genug Zeit für die Bearbeitung des Arbeitsblattes einplanen.
 - Kugel großer Masse verwenden

- Anfangsgeschwindigkeit nicht zu langsam wählen
 - Senkrechten Stoß durch Holzklötze/Federn realisieren
- **Materialien:** 2 Holzklötze, Stifte für das Tor, Kugeln
- **Video:** DVD – Torschuss vorbei
- **Simulationen**
 - DVD
 - http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/mechanikkonzept/index.html
- **Arbeitsblatt Simulation I** (am besten gleich nach der Aktivität austeilen)

8.5.2. Konstruktion der Endgeschwindigkeit

- **Tipp/Hinweis:** Gut darauf eingehen, dass man Pfeile verschieben kann. Das kann am Anfang eine große Hürde sein.
- **Tipp:** Üben, üben, üben!
- **Arbeitsblatt**
 - A4.4 Eishockey II
 - A4.5 Minigolf

8.5.3. Konstruktion der Zusatzgeschwindigkeit

- **Tipp/Hinweis:** Die Ermittlung der Zusatzgeschwindigkeit wird nicht über die Subtraktion, sondern durch gezieltes Überlegen ermittelt. Die S müssen an dieser Stelle scharf nachdenken.
- **Tipp:** Mit großen Pfeilen an Tafel veranschaulichen
 - Dünne Pfeile aus Styropor haften angefeuchtet an Tafel
- **Arbeitsblatt**
 - A4.2 Minigolf Zugfahrt
 - A4.3 Eishockey I
- **Aktivität:** Wettrennen anhand von Konstruktionsüberlegungen
 - Material: großes Blatt Papier, Farbstifte, Lineal
 - Methode: Spielerische Konstruktionsübungen
 - Spielregeln: Auf das Papier wird eine zweidimensionale kreisförmig (beliebig gekurvte) Rennbahn gezeichnet. Der Start beziehungsweise das Ziel wird mit einer Linie gekennzeichnet. Die Figuren werden zu Beginn auf die Startlinie gezeichnet und haben eine

gewisse Anfangsgeschwindigkeit. Bei jedem Zug wandern die Figuren um eine Einheit (zB 1 cm oder eine Pfeillänge) nach vorne. Nähert sich die Figur einer Kurve, so muss die Zusatzgeschwindigkeit so gewählt werden, dass die Figur auf der Rennstrecke bleibt ohne den Rand zu berühren. Wird der Rand berührt oder sogar die Rennstrecke verlassen, dann muss die Figur zurück zum Start.

Der erste Tipp betrifft die Planung und Durchführung des zweiten Torschussversuches (V2). Dabei wurden einerseits durch die Befragung gewünschte und realisierte Lösungsvorschläge zusammengetragen. Auch die auf Nachfrage gewünschten Simulation, Video und ein passendes Arbeitsblatt wird aufgelistet.

Ein weiterer Tipp/Hinweis richtet sich hier direkt an die Lehrperson, damit diese die Lernenden so anleitet, dass diese selbst die Richtung der Zusatzgeschwindigkeit herausfinden.

In weiterer Folge sind passend zu den Konstruktionen Arbeitsblätter angegeben, um anhand einfacher Alltagsanwendung zu üben.

Auch eine bewährte Aktivität, Wettrennen anhand Konstruktionsüberlegungen, wird hier vorgeschlagen.

8.6. Die Newtonsche Bewegungsgleichung

- **Inhalt:** Dieses Kapitel ist der Kern des Buches, die Newtonsche Bewegungsgleichung wird vorgestellt und die zugehörigen Zusammenhänge erforscht und verinnerlicht.
- **KeyIdea:**
 - In der Physik wird unter dem Begriff Kraft die Zusammenfassung von Einwirkungsstärke und Einwirkungsrichtung verstanden
 - Eine auf einen Körper angreifende Kraft bewirkt eine Zusatzgeschwindigkeit
 - Je größer die Einwirkungsstärke, je größer die Einwirkungsdauer umso größer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit
 - Je größer die Masse eines Gegenstandes, desto kleiner ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit
- **S-Vorstellungen**
 - Kraft ist die Fähigkeit etwas zu bewirken
 - Körper können Kraft haben, auch ohne sie auszuüben
 - Kräfte wirken oder bewirken etwas; Kraft als Täter
 - Kraft ist etwas Übertragbares
(vgl. Müller/Wodzinsky/Hopf, 2011:108)
- **Tipp:** Den Unterschied von Masse und Gewicht nur knapp behandeln
- **Simulationen**
 - DVD
 - http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/mechanikkonzept/index.html
- **Arbeitsblatt 5.1 Simulation II**
- **Tipp:** Viel Zeit für die Applets oder passende Experimente nehmen damit die Zusammenhänge verinnerlicht werden.
- **Tipp:** Lernende verfassen ihre eigenen Je-Desto-Sätze
- **Tipp/Hinweis:** Die Einführung des komplexen Beschleunigungsbegriffs bringt hier keinen Mehrwert. (Kästchen für Spezialisten S. 24).

- **Tipp/Hinweis:** Experimente auswählen, wo Reibung nur wenig oder gar keine Rolle spielt

Da durch Experimente oder durch die Arbeit mit den Applets die Zusammenhänge sehr gut verstanden werden, wird auch dementsprechend mit einem Tipp darauf hingewiesen. Ein Tipp, der sich als sehr empfehlenswert herausgestellt hat, ist dass die Schülerinnen und Schüler sich ihre eigenen Je-Desto-Sätze formulieren.

Als wichtiger Hinweis ist hier vermerkt, dass der Beschleunigungsbegriff an dieser Stelle noch nicht eingeführt werden sollte, da dies zu diesem Zeitpunkt lernhinderlich ist und noch nicht gebraucht wird.

Damit sich die Schülerinnen und Schüler besser auf das Wesentliche konzentrieren können, sollte man bei der Wahl der Experimente darauf achten, dass die Reibungskraft nur wenig bis gar nicht sichtbar ist. Die Reibungskraft wird später als eine Kraftart vorgestellt.

8.7. Anwendungen der Newtonschen Bewegungsgleichung

- **Inhalt:** Sämtliche Alltagsanwendungen können mithilfe der NBG diskutiert werden. Das Beharrungsprinzip (der Begriff Trägheit fördert S-Vorstellungen) wird dabei als Spezialfall der NBG aufgeführt.
- **Tipp:** Um an die Alltagserfahrungen der Lernenden eng anzuknüpfen können auch Alltagsanwendungen besprochen werden die den Hobbies der S entsprechen
- **Tipp:** Um mit der NBG die Alltagsanwendungen zu besprechen eignet sich sehr gut eine Projektarbeit der S mit abschließender Präsentation anhand eines Posters
- **Tipp:** S beim Idealisieren unterstützen
- **Arbeitsblätter – Mechanik I**
 - A5.2 Bewegungsgleichung Alltag
 - A5.3 Argumentieren Sport
 - A5.4 Bewegungsgleichung Sport
 - A5.5 Fußballtraining
- **Arbeitsblätter - Mechanik II**
 - A1.1 Golfplatz
 - A1.2 Pioneer-Anomalie
 - A1.3 Swing-By-Manöver
 - A1.4 Zentrifuge
 - A1.5 Schwarzes Loch

Da es für die Schülerinnen und Schüler schwierig ist, diese Anwendungen zu abstrahieren wird vorgeschlagen, sich hier eng an die Erfahrungswelt der Lernenden zu halten beziehungsweise die Besprechung der Aufgaben anhand der Newtonschen Bewegungsgleichung, im Team im Zuge eines Projektes unter Erstellung eines Posters durchzuführen.

8.7.1. Das Beharrungsprinzip

- **S-Vorstellung:**
 - Trägheit in der Alltagssprache: Wenn jemand träge ist, will er sich nicht bewegen, sondern zur Ruhe kommen. (vgl. Gesprächsprotokoll Autor 1:57/58)
 - Pfeil der Zentrifugalkraft wird nach außen eingezeichnet (vgl. Zielperson B:441)
 - Muss Schwelle überwinden (sowas wie Haftreibung) damit sich ein Körper bewegt/Beschleunigt man einen Gegenstand, setzt er der Bewegung einen Widerstand entgegen, der mit zunehmender Geschwindigkeit geringer wird
 - Alltagssprache: Es ist ein Wille da, etwas zu tun. Der Körper **möchte** in **seinem** Zustand bleiben.
(vgl. Zielperson F: 507-523)
- **Key-Idea:**
 - Die Geschwindigkeit eines Körpers ändert sich nicht, wenn auf ihn keine Kraft ausgeübt wird.
 - Das Beharrungsprinzip als Spezialfall der NBG erkennen (Schulphysik)
- **Tipp:** Das Beharrungsprinzip wird von oben aus betrachtet (wie in Abb 6.7), wesentlich besser verstanden als vom Bezugssystem des LKW's aus.
- **Tipp:** Gedankenexperiment – Wie kann ich meine Bewegung auf dem Glatteis beeinflussen?
- **Tipp:** Hammerwurf Abb. 3.17
- **Arbeitsblatt:** A2.1 Kurvenfahrten (Mechanik II)

8.8. Das Wechselwirkungsprinzip

- **S-Vorstellungen:**

- Der zweite WW-Partner wird nicht beachtet (Zielperson F: 550)
- Nur aktive (d.h. sich bewegende oder lebende) Körper können Kräfte ausüben. Passive Körper leisten Widerstand. (Der Straße auf der wir uns bewegen wird eine passive Rolle zugeschrieben)
(vgl. Müller/Wodzinsky/Hopf, 2011:108)
- Verwechslung mit dem Kräftegleichgewicht (Zielperson F: 551)

- **Tipp:** Explore – Gedankenexperiment

„Michelangelos Gehilfe soll einen Marmorblock mithilfe eines Schlittens bewegen. Er sagt zu seinem Chef: „Wenn ich eine vorwärts gerichtete Kraft auf den Schlitten ausübe, übt der Schlitten eine gleich große und entgegen gerichtete, also rückwärts gerichtete Kraft aus. Wie soll ich den Schlitten also jemals in Bewegung setzen? [...]“
(vgl. Giancoli, 2010:113)

- **Tipp/Hinweis:** Nur Beispiele besprechen die gut vorbereitet und verstanden sind

- **Tipp:** Das Beispiel a) eignet sich zum Diskutieren, da es gut verstanden wird

- **Arbeitsblatt A3.1** Zwillingsspaar Kraft – Wo ist die andere?

Hier findet sich keine KeyIdea, da sonst der Merksatz im rosa Kasten zweimal an Ort und Stelle vermerkt ist.

Damit dieses Kapitel nicht unterschätzt wird, findet sich dazu ein Hinweis. Da das Beispiel a) durchgängig gut verstanden worden ist, wird darauf als Tipp hingewiesen.

Auch zwei sehr bewährte Tipps werden mit zu den Randnotizen aufgenommen.

8.9. Kraftarten

- **Inhalt:** In diesem Kapitel werden Kraftarten phänomenologisch vorgestellt.
- **Tipp:** Unterscheidung der Kräfte: Reibung als Kontaktkraft vs. fernwirkende Kräfte
- Arbeitsblatt: A8.1 – Luftreibung
- **Tipp:** Gedankenexperiment zur Reibung
Angenommen man befindet sich stehend oder gleitend auf einer Eisfläche, aber ohne Schlittschuhe. In Kleingruppen wird überlegt, welchen Einfluss man auf die Geschwindigkeit hat, wenn die Reibung ausgeblendet wird.

8.10. Wenn mehrere Kräfte wirken

- **Inhalt:** Ermittlung der resultierenden Kraft durch die Kräfteaddition. Das statische Kräftegleichgewicht wird als Spezialfall eingeführt.
- **Tipp:** Beispiel a) Diskussion der Bewegung eines Fallschirmspringers in jeder Flugphase

Diese Sammlung an Ergänzungen stellen einen Entwurf von Randnotizen auf Basis der Lehrkräftebefragung ergänzt durch die Hinweise der Autoren dar.

9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Allgemeines Ablaufmodell (vgl. Mayring, 2010:60).....	22
Abbildung 2 - Ablaufmodell Zusammenfassende Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 2010:68)	25
Abbildung 3 - Explizierende Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 2010:87)	27
Abbildung 4 - Ablauf Strukturierende Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 2010:93)	28

10. Literaturverzeichnis

AAAS SCIENCE ASSESSMENT (AAAS). (2017). Abgerufen am 30. Juni 2017 von <http://assessment.aaas.org/>

BOGNER, A., LITTIG, B., & MENZ, W. (2009). *Experteninterviews*. Wiesbaden: VS, GWV.

BORTZ, J., & DÖRING, N. (1995). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin; Heidelberg; New York: Springer.

DEMTRÖDER, W. (2003). *Experimentalphysik I*. Berlin; Heidelberg; New York: Springer.

DUIT, R. (2010). *Piko-Briefe. Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst*. Abgerufen am 30. Juni 2017 von <http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf>

EBEL, H., & BLIEFERT, C. (2009). *Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten*. WILEY-VCH.

GIANCOLI, D. (2010). *Physik*. Hallbergmoos: Pearson.

HELFFERICH, C. (2004/2005). *Die Qualität qualitativer Daten*. Wiesbaden: VS, GWV.

HEWITT, P. (2009). *Teacher's Edition. CONCEPTUAL PHYSICS*. Boston: Pearson.

- HOPF, M., WALTNER, C., WILHELM, T., & WIESNER, H. (2009). Konzeption einer Vergleichsstudie zur Mechanik in Jahrgangsstufe 7. 2. Abgerufen am 30. Juni 2017 von <http://www.thomas-wilhelm.net/veroeffentlichung/Vergleichsstudie.pdf>
- HOPF, M., WILHELM, T., WALTNER, C., TOBIAS, V., & WIESNER, H. (kein Datum). *Einführung in die Mechanik*. Abgerufen am 30. Juni 2017 von [http://www.thomas-wilhelm.net/Mechanikbuch Druckversion.pdf](http://www.thomas-wilhelm.net/Mechanikbuch_Druckversion.pdf)
- Ideas Previas*. (2014). Abgerufen am 30. Juni 2017 von <http://www.ideasprevias.ccadet.unam.mx:8080/ideasprevias/>
- MAYRING, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. BELTZ.
- MIKELSKIS-SEIFERT, S., & RABE, T. (2007). *PHYSIK Methodik*. Berlin: Cornelsen.
- MÜLLER, R., WODZINSKI, R., & HOPF, M. (2004/2011). *Schülervorstellungen in der Physik*. Aulis.
- PhET Interactive Simulations*. (2017). Abgerufen am 30. Juni 2017 von <https://phet.colorado.edu/>
- RATH, G. (2017). Smartphones im Physikunterricht. *PLUS LUCIS*(1-2), 8-13. Abgerufen am 30. Juni 2017
<http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/151/S08.pdf>
- Science Literacy Maps*. (kein Datum). Abgerufen am 30. Juni 2017 von <http://strandmaps.dls.ucar.edu/>
- SEXL, R., RAAB, I., & STREERUWITZ, E. (1999). *Physik I*. Wien: öbv & hpt.
- TIPLER, P. (1994). *Physik*. Heidelberg; Berlin: Spektrum.

TOBIAS, V. (2010). *Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht*. Logos.

WIESNER, H., SCHECKER, H., & HOPF, M. (2011). *Physikdidaktik kompakt*. Aulis.

WIESNER, H., WILHELM, T., WALTNER, C., TOBIAS, V., RACHEL, A., & HOPF, M. (2011/2012). *Mechanik I: Kraft und Geschwindigkeitsänderung*. Hallbergmoos: Aulis.

WILHELM, T. (2013). Moment mal ...(1): Trägheit nur bei schnellen Bewegungen? *Praxis der Naturwissenschaften. Physik in der Schule*, 38-40.

WILHELM, T. (2014). Moment mal ...(6): Geschwindigkeit oder Tempo. *Praxis der Naturwissenschaften. Physik in der Schule*, 48-49.

WILHELM, T. (2015). Moment mal ...(13): Wo ist die Gegenkraft? *Praxis der Naturwissenschaften. Physik in der Schule*, 44-45.

WILHELM, T. (2016). Moment mal ...(23): Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit. *Praxis der Naturwissenschaften*, 42-43.

WILHELM, T., TOBIAS, V., WALTNER, C., HOPF, M., & WIESNER, H. (2011). Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik. Konzepte fachdidaktischer Strukturierung der Jahrestagung der GDGP in Oldenburg.

WILHELM, T., WIESNER, H., HOPF, M., & RACHEL, A. (2013). *Mechanik II: Dynamik, Erhaltungssätze, Kinematik*. Hallbergmoos: Aulis.

11. Anhang

11.1. Interviewleitfaden Lehrkräftebefragung

Interviewleitfaden

Angaben zur Person:

Name	
Schulform	
Unterrichtsjahre	
Zweifach	

Für jeden der folgenden Themenbereiche wird der Fragebogen von Frage 2 bis 4 der Reihe nach durchgegangen:

- I. Beschreibung einer Bewegung
- II. Geschwindigkeit
- III. Zusatzgeschwindigkeit (insbesondere Konstruktionen)
- IV. Newtonsche Bewegungsgleichung und ihre Anwendung
- V. Wechselwirkungsprinzip
- VI. Kraftarten
- VII. Kräftegleichgewicht

Warm Up: Allgemeine Erfahrungen mit dem Konzept

1. Herausforderungen im Unterricht:

Bei welchen Themenbereichen im Schulbuch finden Sie Ergänzungen für die Lehrperson besonders wichtig?

Wo besteht hier die Herausforderung für Lehrkräfte?

2. Verständnisschwierigkeiten und Schülervorstellungen im Unterricht:

- Mit welchen Schülervorstellungen sind Sie häufig in der Klasse konfrontiert?
- Welche Verständnisfragen werden zu diesem Thema gestellt bzw. wo ist Diskussionsbedarf?
- Welche Interessensfragen werden hier gestellt? (Faktenwissen)
- Welche weiterführenden oder zusätzlichen Fragen treten hier oft auf?

3. Unterrichtstipps aus eigener Erfahrung – empfehlenswertes Material

Welches zusätzlich bewährte Übungsmaterial würden Sie Lehrkräften, die ebenfalls mit diesem Buch arbeiten empfehlen?

- Links
- Versuche
- Abbildungen
- Beispiele/Spiele
- Gedankenexperimente
- Nützliche Merkhilfen/Eselsbrücken
- Exkursionen
- Aufgaben/Hausübungen/Tests
- Sonstiges

4. Versuche:

Worauf sollte man hier besonders achten?

- Bevorzugte Räumlichkeit (Klasse/Physiksaal/im Freien)
- Vorbereitungs- und Durchführungszeit
- Sonstige Tipps oder Tricks

5. Weiterführende Fragen

- Wie genau haben Sie das Kapitel Kraftarten durchgenommen?
- Wie haben Sie später die Formeln der Gewichtskraft und des Hooke'schen Gesetzes eingeführt?
- Gehen Sie in Ihrem Unterricht auf Kraftmesser ein? Wenn ja, wie?

Herzlichen Dank für die Teilnahme an der Befragung!

11.2. Interviewleitfaden Autorenbefragung

Warm UP: Aus welchen Erfahrungen heraus haben Sie sich entschieden das Buch so zu gestalten?

- Wenn Sie das Buch jetzt betrachten, was würden Sie am ehesten ändern oder ergänzen?
- Worin besteht die Herausforderung der Lehrkräfte, die sich entschieden haben das Konzept anzuwenden?
- Einsatz in Ober- bzw. Unterstufe?*
- Feedback von Lehrern / Rückmeldungen/ Ergänzungen
- Begriffe Durchschnitts- und Momentantempo thematisieren?
- An welchen Stellen im Buch würden Sie einer Lehrkraft raten besonders gründlich/genau/penibel zu sein bzw. viel Zeit einzuplanen?
 - Vorgehen bei Zeitmangel.
- Mit welchen Argumenten haben Sie das Buch vorgestellt und die Lehrkräfte überzeugt das Buch auszuprobieren?
- Welche Unterrichtstipps können Sie empfehlen?
- Mehr Übungsmaterialien zum Üben (WW-Prinzip/Kräftegleichgewicht)

11.3. Inhaltsanalyse der Lehrkräftebefragung

Allgemeine Erfahrungen:

Tabelle 1 A

- Angenehme Erfahrungen
- In Oberstufe 1:1 übernommen, war aber weniger anspruchsvoll als das was sonst gemacht wird
- Test sind außerordentlich gut ausgefallen (keine negative Note)
- Vektorrechnung, Vektorbegriff und Superpositionsprinzip gut eingearbeitet

Tabelle 2 B

- Zusammenhang von Kraft und Zusatzgeschwindigkeit ist in den Kindern tief drin
- Am Anfang ziemlich an das Konzept gehalten, bei den Anwendungen der NBG abgewichen, Kräfte vorgestellt, WW-P verkürzt und den Rest nicht mehr gemacht.

Tabelle 3 C

- großer Fan, weil Begriffe gut eingeführt werden und logischer Aufbau (beginnt nicht mit komplexem Begriff) sondern bröseln in essenzielle fundamentale Begriffe auf
- Konzept passt sogar auf einen auf, damit man nicht mit den Begriffen zu schnell ist

Tabelle 4 D

- Zuerst Mischform gemacht, dann Konzept verstanden und ähnlich wie im Buch unterrichtet. Merksätze zur NBG vom Großteil der S verstanden.
- 3. Newtonsche Gesetz aber trotz Buch noch immer sehr schwierig
- Zugang über die Pfeile und über Richtung und Tempo zugänglicher
- Rechnerei ist keine Sicherung – Konstruktionen sind viel zielführender

Tabelle 5 E

- Hohes Maß an Kontinuität wie Begriffe eingeführt, weitergeführt und aufgebaut werden. Ein schönes Gesamtprinzip

Tabelle 6 F

- WWP und Trägheitssatz wie im Klassischen, nur mit Rücksicht auf S-Vorstellungen und mit besseren Beispielen

Empfehlungen für Lehrkräfte, die das Buch verwenden wollen:

Tabelle 7 A

- Auseinandersetzung mit dem theoretischen Background. Sonst ist man verwundert warum hier auf einmal Richtung und Ziel behandelt wird.
- Wenn man die S-Vorstellungen kennt, dann weiß man auch warum das im Buch steht und übergeht gewisse Dinge nicht aus Trivialität.
- Den S wird es auch nicht schaden, wenn sie wissen was die S-Vorstellungen sind.

Tabelle 8 B

- Buch in Klassenstärke ist eine gute Unterstützung

Tabelle 9 C

- Am Anfang nicht zu schnell sein und auch nichts auslassen, auch wenn es sich ultralangsam anfühlt. Hinterher reparieren ist sehr schwierig, denn dann wurden schon Konzepte die teilweise funktionieren entwickelt. Die S werden dann immer schneller. Am Anfang ist ein gewisses Frustrationpotential dahinter, aber irgendwann sind sie mit den Dingen wie Zeitmessen superschnell.
- Sich immer der Präkonzepte bewusst sein. (siehe auch AAAS)

Tabelle 10 D

- Vorwort, damit das Konzept verstanden wird.
- L muss das Konzept verstanden haben, denn das Heft ist zu wenig schülerzentriert. Es reicht nicht, dass man das Heft austeilte und es durcharbeiten lässt.

Tabelle 11 E

- Die NBG kann durch die S anhand kurzer Experimente selbst entdeckt werden. Diese ist durch ihre eigenen Erfahrungen begründet.

Tabelle 12 F

- L sollten sich Zeit nehmen das ganze Konzept mit dem didaktischen Auge durchzulesen.
- Faktenwissen – Schülerfragen: Stark kontextabhängig, geht auch stark in Technik hinein
 - Wie schnell war der jetzt?
 - Wer hat da gewonnen?
 - Windschlüpfrigkeit und was der anhat ...
- Das Buch ist unbedingt im A5-Format auszudrucken, sonst sind die Pfeile nicht maßstabsgetreu
- In der Oberstufe ist es empfehlenswert mit dem Smartphone zu arbeiten, in der Unterstufe solle man vorsichtig sein, weil es in der Schule verboten sein könnte.
- Formulierung von Grundideen:
 - Einführung der Geschwindigkeit als Pfeilschreibweise mit Tempo und Richtung
 - Die Zusatzgeschwindigkeit als Hilfsvokabel damit diese Einwirkungen besser untersucht werden können
 - Eine Einwirkung hat eine Größe und eine Richtung, das Pfeilkonzept leitet zum Kraftkonzept weiter
 - Kraftpfeile haben auch Länge und Richtung
 - Einwirkungsdauer: Kräfte wirken eine bestimmte Zeit lang
 - Grundprinzip: Pfeil für die Geschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit als Folge einer Einwirkung – die Kraft.
 - Kraftarten um bestimmte Dinge und fernwirkende Kräfte benennen zu können, weil wir Felder erst in Oberstufe lernen
- Aus der Sicht eines M-Lehrers durchaus anschlussfähig für Mathematik und die Matura
- Grundideen sind stark an den bekannten S-Vorstellungen orientiert
- Studium der S-Vorstellungen
- Am Beginn kurz und prägnant formulieren, auch was S-Vorstellungen sind (Definition)

Wo würden Sie sich mehr Unterstützung wünschen?

Tabelle 13 B

- Mehr Arbeitsblätter zur Zusatzgeschwindigkeit (Weil das ein neues Thema ist, geringerer Erfahrungsschatz als Lehrperson)

Tabelle 14 D

Wo ist das Wichtigste und wo muss man sich länger aufhalten und was ist jetzt „nice to have“

Tabelle 15 F

- Verlinkungen zu Arbeitsblättern und weiteren Schüleraktivitäten an idealen Stellen
- Wo bekomme ich die benötigten Materialien her?
- Mehr Kontexte aus Biologie und Medizin
- Randnotizen mit dem Hinweis, was da jetzt tatsächlich dahintersteckt und worauf L achten sollten
 - Was kommt von den S her auf mich zu
 - Worauf muss ich aufpassen, damit ich keine S-Vorstellungen fördere (geschickte Wahl von Experimenten, Lerngelegenheiten oder Gruppengrößen, ...)
- Wiederholte Hinweise, damit man als L gut auf die Wortwahl (Geschwindigkeit oder Tempo) sensibilisiert wird (in der Unterstufe ist es noch nicht so schlimm, in der Oberstufe trägt es mehr zur Verwirrung bei)

Kopfball – Flanke – Tor!!!

Tabelle 16 C

- Tipp zum Versuch:

Diskussion: Was muss ich tun damit der Ball ins Tor geht. Gedanken/Hypothesen (man muss am richtigen Ort stehen, möglichst kräftig köpfeln, ...) an der Tafel festhalten und mit Schaumstoffbällen am Gang/im Schulhof in 3er Gruppen Hypothesen prüfen und abschließend diskutieren welche sich bewahrheitet hat

Tabelle 17 F

- Tipp zum Versuch

Im Physiksaal mit Murmeln durchgeführt

- Hilfreich:
 - Wie ist das bei kleinem Raum machbar?
 - Welche Materialien
 - Gruppengröße
- Hilfreich: Video um zu zeigen, was eine Flanke ist, was ein geflankter Ball ist.

Beschreibung und Darstellung von Bewegungen

Tabelle 18 A

- Tipp zum Versuch: Stroboskoplichter (Klasse verdunkeln und Metronom)
- Tipp: S-Experiment: Abb. 2.4. Stroboskopbild des springenden Balls – Ball mitgenommen und in der Klasse springen lassen.

Tabelle 19 B

- Schwer:
Stroboskopbilder ausgelassen (aus praktischen Gründen, App damals nicht gekannt)

Schwierigkeiten ein Bezugssystem anzugeben
- Tipp: Abb 2.3 Stroboskopbild: Viel Zeit und Bedeutung den Abständen zukommen lassen, damit man hier bei gleichen Zeitintervallen den Abstand als Geschwindigkeit interpretieren kann.
 - Nachteil: Flugbahn ist krumm (die Bewegung ist bereits überlagert)
 - Lösung: Stroboskopbild eines Körpers der nur entlang einer Geraden schneller oder langsamer wird und im zweiten Schritt die 2-dimensionale Fallbewegung behandeln.
- S-Vorstellungen: Aus dem Alltag: Obwohl Begriff noch nicht verwendet – S haben von Anfang an von Geschwindigkeit gesprochen.
 - S darauf hinweisen das noch fundamentaler gearbeitet wird (Cool dass du gedanklich schon so weit bis, aber wir sind gerade noch nicht so weit)

Tabelle 20 C

- Tipp: Gedanklich nicht zu schnell sein und immer wieder betonen wie wichtig es ist, dass man sich hier so lange mit Ort und Zeit beschäftigt. Liebe zum Detail auf S übertragen

Tabelle 21 D

- Schwierig: Beschreibung von Bewegungen:
 - Aufgabe 1: Wenn die S das Bild beschreiben sollen, dann antworten sie: „Ja, da fliegt das Flugzeug vom Tisch.“
 - Aufgabe 3: Beschreibe die Bewegung des Balles: „Er geht nach oben und nach unten.“
 - L müssen hier auf genauere Handlungsanweisungen achten: Beschreibe die Bewegung genau im Sinne von....
 - Textbausteine, Scaffolding
 - Genau beschreiben was man sieht und genau mit der Sprache sein (Weg, Ort, Zeit, Länge)

Tabelle 22 E

- Hinweis: Angegebene App – Animal Tracker funktioniert nur mäßig (fehlerhaft)
- Tipp zum Versuch: Schülerexperiment mit Motion Shot – hüpfender Flumme
 - Flummi, weißes Flipchartpapier und Motionshot
 - S nehmen Stroboskopbild selbst auf - gemeinsame Besprechung der Bewegung
 - Achtung: Hintergrund präparieren
 - Flummi sollte mindestens 2Mal aufkommen
 - Aufnahme später wiederverwenden um Geschwindigkeitspfeile einzuzeichnen

Tabelle 23 F

- Tipp: S-Aktivität in der ein Stroboskopbild erarbeitet wird.
 - Qualitativ mit Motionshot
- Schwierig: Abb 2.4: Hier muss man viel anleiten, damit die S entscheiden in welche Richtung die Bewegung abläuft
 - Selbst solche Aufnahmen machen lassen
 - Würde diese Frage aber noch nicht stellen, erstmal im Raum stehen lassen

Wie schnell? Wohin?

Tabelle 24 A

- Schwierigkeiten bei Tabelle 1: Zeitmessungen für einen 100 m Lauf (Schwierigkeiten die Tabelle zu lesen)
- Hinweis: 3.1 Tempo: Die Umrechnung von 36km/h fällt ohne Rechengrund vom Himmel. Sprinter braucht 10m in der Sekunde – Rechnung von links nach rechts.
- Schwierig: Es ist immer so einer Frage, was ist Delta.
- Tipp für Lehrer: Gute Vorbereitung für die Zentripetalkraft später.
- S-Vorstellung: Abb 3.6: Pfeile bei verschiedenen Fahrzeugen (wurde wegen der S-Vorstellungen gemacht)
- Bewährtes: Zeichnen Zeit-Wegdiagramme von Elektro-Wagerl, dessen Geschwindigkeit mit einem Spannungsregler variiert wird.

Tabelle 25 B

- Schwierigkeiten: Dass sich die S darauf einlassen, dass wir vom Tempo reden (Gewöhnungseffekt muss sich einstellen)
- Tipps für L: Sich selbst auf die Lippen beißen und nicht Geschwindigkeit sagen, wenn man Tempo meint.
- Schwierig: Umrechnung von km/h in m/s – lästig und konzeptuell nicht viel dahinter (in der Physik sind es halt m/s und im Alltag nicht und man hat kein Gefühl dafür)
- Formel ist wegen dem Δ schwierig, die S müssen sich auch hier an Deltaschreibweise gewöhnen (Δ als IV interpretieren)
- Schwierigkeiten: Im Handling (Tempo, Richtung, Geschwindigkeiten)
- Tabelle 1: Schwierigkeiten: Nicht klar was da jetzt zu machen ist. S anleiten, auch selbst Zahlen geordnet in Form von Tabellen ins Heft einzutragen.
- Hilfreich: Beispiele zu: Gleiches Tempo – unterschiedl. Richtung/2 Autos nebeneinander oder aufeinander zu
 - Dass wenn der Tacho das gleiche zeigt, dass eben nicht die Bewegung die gleiche sein muss. Wenn ich von Wien nach Salzburg fahre, dann ist es nicht egal in welche Richtung ich fahren.
 - Oft wird der Weg als Pfeil dargestellt, nicht die Geschwindigkeit.
 - Dass die Geschwindigkeit tangential zur Bahnkurve ist
 - Dass sich die Geschwindigkeit beim Rundkurs in jedem Zeitintervall ändert
- Tipps:
 - S eigene Beispiele dazu finden lassen um auch in die Lebenswelt der S einzutauchen.
 - Schnelle und Langsame Bewegungen vergleichen (Haarwachstum, ...) Überblick über Größenordnungen gewinnen.

- Auto fährt Hügel hinauf und hinab: Wie sieht es mit Tempo und Geschwindigkeit aus? (mal was anders im Gegensatz zur Kurve)
- Aufgaben zum Test geben
- Modelleisenbahn o. ähnliches mitnehmen und vorführen

Tabelle 26 C

- S-Vorstellung: Geschwindigkeit und Tempo sind Synonyme
- Tipp: Sensibel mit der Sprache umgehen, denn wenn man in der Sprache nicht konsistent ist, dann verwirrt man die S.
- Tipp: Ganz oft wiederholen: Geschwindigkeit ist ein Vektor, zusammengesetzt aus Tempo und Richtung
- Tipp: Abb 3.4: Tempo in Natur und Technik. Eignet sich gut zum Diskutieren
- Wünschenswert: Video, wie ein Stroboskopbild entsteht.

Tabelle 27 D

- Experiment: Tipp: Blindes Fangen auch abgewandelt:
 - Blind Bälle schießen um irgendein Ziel zu treffen.
 - Blind durch einen Hindernis-Parkour lotsen (Parkour durch Absperrbänder abstecken)
- Experiment: Bahn aufzeichnen (A3) und durch Pfeilkonstruktionen die Bahn abfahren. Ein Zug ist dann immer eine Einheit lang: (zB ein Kästchen) S müssen rechtzeitig den richtigen Zusatzgeschwindigkeitspfeil welcher nur die Länge 1 hat, einzeichnen bevor die Kugel aus der Bahn fliegt. (Schwierigkeitsstufe kann mit eingeschränkten Richtungen erhöht werden)
- Vorsicht: Selbstdisziplin ist angesagt. S verwenden von sich aus hier schon den Begriff der Geschwindigkeit. Übungssache
- Tipp: Tabelle 1: Zeitmessungen für 100 m Lauf: Diskutieren: Wie sich das Tempo verändert und warum ist er auf den letzten Metern so schnell?
- **Schwierig: Geschwindigkeit** zusammengesetzt aus Tempo und Richtung.
 - Stroboskopbilder (3.11 und 3.12): Zuerst: Wie ändert sich Richtung und wie ändert sich Länge. (kleinschrittig aufteilen)
 - Oder vorerst: Was bedeutet ein langer und was bedeutet ein kleiner Pfeil?
- Schwierig: Verständnis der Kreisbewegungen an dieser Stelle: (Abb. 3.17 und 3.18) Kraft nach Innen bewirkt Zusatzgeschwindigkeit

Tabelle 28 E

- Schülerexperiment: Herumgehen und anhand der Bewegungsrichtung versucht das Ziel zu bestimmen.
- Hinweis: Immer dazugesagt, dass es sich hier um das Durchschnittstempo handelt. Anfangs und Endwert besprochen (Berechnung bei jeder belieb. Größe möglich)

- Hinweis: Durchschnittsgeschwindigkeit: Wenn man sagt, dass der Schaft des Pfeiles beim ersten Ball und mit der Spitze beim zweiten Ball ist, dann können je nach Aufnahme beim Auftreten abgeknickte Pfeile entstehen. (Bei einem S-Experiment sieht das bei allen anders aus)
- Hilfreich: Momentangeschwindigkeit einführen um später für die Kreisbewegung an jedem Punkt tangential die Momentangeschwindigkeit einzuzeichnen
 - Delta genauer betrachten und immer kürzere Intervalle betrachten
 - Grafisch zeigt der Pfeil dann nicht wie bei der Durchschnittsgeschwindigkeit von einer Position zur anderen – Anzahl der Bilder mit Motion-Shot variieren
- Hinweis: Schülerexperiment: Tempo einer rollenden Kugel selbst bestimmen
- Hinweis: Während in zahlreichen Abbildungen die Geschwindigkeitspfeile stets tangential zur Bewegungsbahn eingezeichnet wurden wird den S die Konstruktion eines solchen Pfeils so erklärt:
 - [...] Geschwindigkeitspfeile in Stroboskopbilder einzeichnen. [...] Zunächst wählst du die Orte aus, an denen du die Geschwindigkeit bestimmen möchtest. Danach errechnest du das Tempo [...] zwischen Ort A und Ort B [...] Deswegen zeichnest du an den Punkt A einen Geschwindigkeitspfeil [...] in Richtung des Ortes B [...]

Tabelle 29 F

- Schwierig:
 - Auffassung von Ortsunterschiede als Wegstrecke
 - Zeitunterschiede als dafür benötigte Zeit
- Hilfreich: Hier wieder den Storch heranziehen
- Schwierig: Besonders zeitintensiv:
 - Formel
 - Umrechnung der Einheiten
 - Zeichnen von Tabellen
 - Berechnungen
- Hinweis: Man ist hier nichtmehr in der Physik, sondern in der Mathematik (roter Denkfaden ist „behindert“)
- Hilfreich: S könnten sich die Berechnungen in eigenen Worten gegenseitig erklären
- Tipp: Durchschnitts- und Momentantempo thematisieren
- Tipp: Daran denken, dass auch genügend Taschenrechner zur Verfügung sind
- Tipp: S-Experiment – 100 m Lauf
 - So wie der Storch eine Strecke mit vielen Kurven abstecken (egal wie lang, nur nicht gerade)
- Tipp: Gut erarbeiten, dass eine Bewegungsrichtung eine momentane Richtung ist, die sich momentan ändern kann. (Startrichtung/momentane Bewegungsrichtung/endlgültige Bewegungsrichtung.

- Tipp: Abb 3.7: Falls die Modelleisenbahn nicht greifbar ist eignet sich auch ein ferngesteuertes Auto gut.
- Hinweis: NAVI: Die drehen sich immer mit. (Die Richtung des Pfeils bleibt gleich da sich die Karte darunter passend dreht)
- Tipp: Schülerexperiment: V2 Wettrennen im Physiksaal um die Tische herum mit 2 Autos
 - Diskussion im Plenum: Welche Zurufe haben dir geholfen, mit welchen hast du nicht viel anfangen können?
 - Variationsmöglichkeit indem man die Befehle einschränkt
 - Achtung: Volle Akkus und keine störenden Signalüberschneidungen!
- Hilfreich zur leichteren Akzeptanz des Tempobegriffs: Begriff des Tempos vom Alltag öfter einfließen lassen: Tempolimit, Tempomat, Tempo 30, ...
- Tipp: vor der Besprechung der Abb 3.11 kann man einen bewegtes Aufziehtier oÄ. Verwenden. (vorerst nur Änderung der Richtung) dann die Abb 3.11. (Änderung von Tempo und Richtung)
- Zeitaufwändig bzw schwierig
 - Maßstabsrechnen (ca 1 Stunde einplanen)
- S-Vorstellungen hier wichtig
- Hinweis: Vektorbegriff muss hier noch nicht erwähnt werden. Es geht in erster Linie darum, dass der Pfeil durch Länge und Richtung beschrieben und erklärt ist.
- S-Vorstellungen zu Hammerwurf (Abb 3.17) unbekannt: S zeichnen spiralförmige Bahn nach dem Loslassen
- Hinweis: (Abb 3.17 Hammerwurf) später bei der Einwirkung aufgreifen
- Hinweise:
 - Hammerwurf (Tempo bleibt gleich, Richtung ändert sich)
- Schwierig: Abb 3.16 Aufgabe 5
 - S verbinden einfach Anfangs- und Endpunkte

Die Zusatzgeschwindigkeit

Tabelle 30 A

- Viel Zeit nehmen (2-3 Stunden)
- Tipp: V2: Aha Effekt war da, alles wirkte sehr „pfuselig“. Man muss richtiges Setting aufbauen. Schwierig zu demonstrieren. Zeigt den Versuch nichtmehr live, sondern mit dem Applet.
- Tipp: Fußball in die Klasse mitnehmen

Tabelle 31 B

- S-Vorstellung: ursprüngliche Geschwindigkeit bleibt nicht erhalten, das Objekt bewegt sich in Richtung der Krafteinwirkung weiter/Endgeschwindigkeit hat die gleiche Richtung wie die einwirkende Kraft.
- Gut gegangen: Konstruktion der Endgeschwindigkeit geht relativ rasch.
- Große Schwierigkeiten gibt es bei den restlichen Konstruktionen (kann bis zu 5 Stunden dauern)
- Gut gegangen: Kapitel 4.1. (Die Zusatzgeschwindigkeit als Folge einer Einwirkung): da steckt die meiste Physik dahinter
- Tipp: V2: Wenn Murrel zu langsam ist, dann geht diese nach dem Stoß praktisch in Richtung der Kraftwirkung.
 - Große Anfangsgeschwindigkeit wählen (viel Platz einplanen oder gleich im Freien machen)
- Schwer: Zur Konstruktion:
 - Konzept: Ich kann einen Vektor überall hinsetzen ist total schwierig.
- Schwierig: Abb 4.16: Konstruktion von der Endgeschwindigkeit: Abbildung mit dem Schläger ist nicht ganz intuitiv, da die Krafteinwirkung nicht vom Stiel des Schlägers und auch nicht in Richtung des Schlägerendes geht, sondern normal dazu.
- Tipp: Bahn aufzeichnen, Start markieren und Murrel aufzeichnen. Mit gegebener Anfangsgeschwindigkeit wird überlegt, wie man die Zusatzgeschwindigkeit wählen muss, damit man um die Kurve kommt. (Konstruktionsüberlegungen)
- Tipp: Ich unterteile die Zusatzgeschwindigkeit in 3 Teile
 - Tempo erhöhen
 - Tempo vermindern
 - Richtung ändern

Tabelle 32 C

- Schwierigkeiten: Kompletter neuer Begriff. Für L und für S. Viel Zeit für den Begriff selbst einplanen.
- V2: Schwierigkeiten
 - Ball geradlinig in eine Richtung bewegen
 - Normal zur Bewegungsrichtung anstoßen
 - Für S ist es wichtig, den Ball ins Tor zu schießen – immer
 - Experiment gelang nicht, weil der Ball der S immer im Tor gelandet ist.
 - S haben nicht gemerkt, dass sie nicht 100% normal zur Bewegungsrichtung angestoßen haben – ein gewisser Winkel wurde unbewusst immer mitgegeben
 - Experiment leicht unterschätzt
 - Das hat auch damit zu tun, ob S wissen wie man experimentiert
 - Motivation den Ball zu versenken ist größer als alles andere
 - Im Nachhinein nachjustieren ist für die S wie Schummeln – klar, dass es nach der Manipulation nicht mehr funktioniert
- V2 Tipps:
 - Achtung, hier wird ein großer Ehrgeiz entstehen Tore zu schießen! Den Versuch sorgfältig vorbereiten
 - Mit 2 Stück Holz (eine fixiert, das andere wird parallel dazu verschoben) die Kugel anstoßen.
 - Experiment in zwei Schritten, so wie es im Buch steht machen
 - Ball von schiefer Ebene runterrollen lassen statt von S anstoßen lassen um mehr Kontrolle bei der Anfangsgeschwindigkeit zu haben
 - Anleiten, damit nicht zu stark angestoßen wird (dann läuft der Prozess zu schnell ab)
 - Ebener Boden
- Tipps:
 - Training, Training, Training – reine Übungssache (auch für L)
 - Es gibt die Konstruktionsregeln, und man kann Pfeile verschieben.
 - Wir zeichnen die einerseits am Objekt direkt ein und verschieben sie dann.
 - Arbeitsblätter: auf LMU-Seite: Tennis und Fußball
http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/mechanikkonzept/index.html

Tabelle 33 D

- Tipp: Die Experimente in den Applets auf jeden Fall als Schülerversuch machen
 - kleine Gruppen
 - Was habt ihr gesehen? Was habt ihr verändert damit sich was ändert? Wo schaut man hin, damit wir verstehen was sich ändert?
 - Viel Zeit einplanen
- Schwierig:
 - S zeichnen den Pfeil der Zusatzgeschwindigkeit anfangs mit der gleichen Richtung wie die Endgeschwindigkeit ein
 - S wissen nicht, dass man einen Pfeil parallelverschieben kann
 - Konzept des Vektors im Kopf der S komplizierter als es tatsächlich ist
 - Erst Konzept der Addition erklären, dann die Konstruktion von End- und Zusatzgeschwindigkeit üben und im dritten Schritt die Pfeile zu den Stößen einzeichnen

Tabelle 34 E

- Video: Schublade und Eier Zusatzgeschwindigkeit – Beharrungsprinzip – Anwendungen NBG (Schaumstoffe)
- Tipp: S-Experiment: Abb. 4.6-4.8
 - Vor dem Experiment Vermutungen sammeln:
Wie wird sich die Bewegung des Balls nach dem Erhalt der Zusatzgeschwindigkeit ändern?

Wird der eine Ball den anderen überholen, genau treffen oder zurückfallen?

Hängt dies von der Stärke der Einwirkung, also dem Tempo der Zusatzgeschwindigkeit ab?
 - Achtung: Oft sehen die S das, was sie sehen wollen! Breitere Rampe und Abstand vergrößern.
 - Tipp: Zusatzgeschwindigkeit des zweiten Balles durch eine weitere Mappe, deren Gefälle quer zur ersten Mappe ist.
- Hilfreich: Links zu den Applets/Simulationen

Tabelle 35 F

- S-Vorstellung: V2: Ich muss einfach fest genug auf den Ball draufhauen, dann geht er ins Tor.
Diese Vorstellung darf bloß nicht verstärkt werden
- Tipps: V2
 - S wollen unbewusst ins Tor schießen
 - Aufnahmen vom Fußball – Stellung der Fußkante betrachten
 - Andere Kontexte zusätzlich zum Sport
- Tipp: Stunde gut organisieren.
 - Nach dem Spiel sind die S unruhig und wollen weiterspielen
 - Sofort Arbeitsblätter bei der Hand haben
 - Experiment aus Abb. 4.6 – 4.8 mit 2 rollenden Kugeln vorziehen (Positionen Nummerieren und einzeln durchgehen.
 - V2 Torschuss gegen Ende der Stunde einplanen
- Tipps V2
 - Aufpassen welche Massen die Kugeln haben
 - Ordentliches Setting vorbereiten: A3 Blatt mit aufgezeichnetem Tor
 - Leichte Stöße
 - Schwierig: Konstanz des Stoßes
 - Gemeinsam mit den S im Vorfeld überlegen wie man das lösen könnte, so kann man ein Bewusstsein fürs Experimentieren schaffen.
- Zeitintensiv: Skizzen
 - Geeignete Arbeitsblätter verlinken
- Tipp: Bei den Konstruktionen immer ein Beispiel anbieten
 - Konstruktion der Endgeschwindigkeit (passendes Bsp. aus dem Billard)
 - Konstruktion der Zusatzgeschwindigkeit (alternatives Beispiel zu Anna, die ein Tor schießt)

Die Newtonsche Bewegungsgleichung

Tabelle 36 A

- Tipp: Hauptsächlich mit den Applets gemacht
- Hinweis: Abb. 5.5: Unterschiedliche Einwirkungsauern bewirken unterschiedliche Zusatzgeschwindigkeiten (Man gewinnt den Eindruck, dass der größere Ventilator stärker bläst. Hier ist nicht ganz klar, dass die Einwirkungsauer länger ist, weil er größer ist.

Tabelle 37 B

- S-Vorstellungen:
 - Alltagdominierter Kraftbegriff: Kraft haben und nicht ausüben. Diskussion losbrechen, und Parameter finden, wovon die Kraft abhängt und klarmachen, dass wir in der Physik eine andere Vorstellung von Kraft haben.
- Tipp: S-Experimente: Experimente mit Kugeln unterschiedlicher Masse (Kügelchen und Medizinball). Dimensionierung der Experimente muss sehr gut vorbereitet werden, damit eine zu hohe Zusatzgeschwindigkeit die ursprüngliche Geschwindigkeit zu sehr überlagert.
- TIPP: Mit diesen Kugelstoß-Experimenten kommt man sehr gut zum Unabhängigkeitsprinzip
- Schwierig: Die Formel (4 Buchstaben, Deltas und Pfeile auch noch) – eher Lernhürde
 - Immer in Worten formulieren lassen
 - S sollen eigene Formulierungen finden und aufschreiben
- TIPP: Vielleicht hier schon einige Kraftarten vorstellen (zur Motivation)

Tabelle 38 C

- Tipp:
 - Einwirkung/Einwirkungsauer/Masse und Zusatzgeschwindigkeit als Stationenbetrieb
 - S eigene je-desto-Sätze formulieren lassen
 - Begriffe nicht nur einführen, sondern nonstop verwenden
 - Bei Fehler nicht abstrafen, sondern hinweisen, dass wir hier präzise sein wollen. Bewusstsein zu den neuen Begriffen schaffen. Sprache ist was Cooles – wir sind die Profis.

Tabelle 39 D

- Schwierig: Definition der Masse: Im Vorfeld Masse und Gewicht (Gewicht aber ohne dem Konzept der Kraft kann man hier aber noch nicht von der Masse trennen) besprechen.
- Tipp: Unbedingt viel herumexperimentieren und die S die je-desto-Beziehungen formulieren lassen. Jeder soll zu Wort kommen und das Gefühl bekommen, dass die eigene Sprache auch passt.
- Tipp: Formel verstehen: 2 festhalten und 2 verändern sich (je-desto-Sätze in Formel wiederfinden)
 - Sehr kleine Gruppen nehmen
 - Genügend Zeit einplanen

Tabelle 40 E

- Bewährt: Schülerexperiment: Einwirkungsdauer – Zusatzgeschwindigkeit (Versuchsbeschreibung M2 Mechanik)
 - Mit verschieden stark aufgeblasenen Luftballons
 - Mit halb abgedeckten Föns
- Bewährt: Engage: Angeschalltes und nichtangeschalltes Ei - Schaumstoffe

Tabelle 41 F

- S-Vorstellungen: Kraft hat man und die kann man übertragen
- S-Vorstellung: Die Endgeschwindigkeit ist richtungsmäßig genau gleich wie die Krafteinwirkung
- Tipp: Beispiele nehmen, wo Reibung nicht sichtbar wird. Wollen diese bei den Zusammenhängen bewusst ausklammern und später als eigene Kraftart einführen.
- Tipp: Versuche mit Föhn und Magneten gut vorbereiten, damit die Kugel nicht unkontrolliert abgelenkt wird oder am Magneten hängen bleibt. (Versuche 5.3-5.5 eignen sich gut als Schülerexperimente)
- Tipp: Föhn mit Kaltgebläse
- Tipp: Laptopklasse, S können wenig bis angeleitet mit den Applets spielen
- Tipp: Übung für Variablen-Kontrollstrategie
- Tipp: Man kann in der Oberstufe diskutieren, dass diese Verhältnisse nicht 1:1 einfließen müssten.

Anwendungen der Newtonschen Bewegungsgleichung

Tabelle 42 A

- Tipp: Schülerexperiment: 2 Skateboards (1 schlanker S und L)
- Gut gegangen: Roadrunner-Clip auf AECCP (klettert in Kanone – wird abgefeuert – er fliegt runter aber die Kanone weg)
- Tipp: Schülerexperiment: Fausten oder Stoppen mit Fußball gemacht (live)

Tabelle 43 B

- Tipp: Abb. 6.3: Experiment mit Helm gemacht, wobei in der Beschreibung steht, dass man lieber ein gekochtes Ei nehmen soll.
- Hinweis: Abb 6.2.: Verkehrserziehung: wichtig, dass die S bescheid wissen.
- Schwierig: Anwendung f) Kletterseil: Schwierig weil es nicht der Alltagserfahrung der S entspricht.
- TIPP: S nach ihren Hobbies fragen und dann auf diese eingehen und als Anwendungen der NBG durchführen.

Tabelle 44 C

- Schwierigkeiten: Beispiel B: S fällt es schwer zu abstrahieren.
- Tipp: Einige Beispiele wie Beispiel c (Autocrash-Knautschzone) schon früher bei der Zusatzgeschwindigkeit thematisieren, und dann mit den Begriffen erweitern. Dann müssen sich die S nicht nacheinander in die verschiedenen Kontexte einarbeiten.
 - Vielleicht schon früher im Buch verweise auf diese Aufgaben machen

Tabelle 45 D

- Tipp: Anwendungen:
 - S verlieren sich hier oft in Seitendiskussionen, da bei den Aufgaben so viele Faktoren eine Rolle spielen (Verformbarkeit, Kompression, ...)
 - Idealisierungen für S schwierig
 - Nicht die Beispiele den S geben und sagen, dass sie die lösen sollen
 - Als Antwort einen Aufsatz schreiben (Warum ist es besser den Ball abzulenken als zu fangen/ Formuliert je-desto-Sätze mit dem Material das wir schon durchgenommen haben/nicht aus dem Bauch heraus argumentieren)

Tabelle 46 F

- Schwierig: Beispiel f) Unterstufe: Kletterseil. Nur exemplarisch und anhand eines Gummiringes durchgehen.

- Tipp: Kontexte die das Alltagsleben der S betreffen durchgehen

Beharrungsprinzip

Tabelle 47 B

- S-Vorstellungen: Bekannte Bilder, Körper fährt um Kurve – Pfeile falsch eingezeichnet (Zentrifugalkraft nach außen). Keine Krafteinwirkung – Keine Zusatzgeschwindigkeit. Das war hier sehr klar.
- Schwierig: Experiment: Kugel wird an Faden befestigt und wird im Kreis geschwungen. Faden wird losgelassen und die Kugel fliegt zwar tangential weg, aber unter dem Einfluss der Schwerkraft macht die Kugel einen Bogen.
 - Experiment am Boden durchführen (aber da kommt dann die Reibung dazu)
 - Stroboskopaufnahme machen und die Bewegung nur über ein kurzes Zeit-IV beobachten, da sonst Reibungseffekte diskutiert werden müssen.
- Tipp: Abb: 6.7: Videoaufnahme zeigen
- Zu diesem Zeitpunkt trägt das Konzept schon seine Früchte

Tabelle 48 C

- Hilfreich: Links für Videos

Tabelle 49 D

- Tipp: Verständnisfrage: Was passiert mit der Anfangsgeschwindigkeit, wenn die Zusatzgeschwindigkeit Null ist?
- Video: Modernere Science Fiction Bezüge: Serie „The Expanse“ (weitgehend ohne den typ. Filmfehlern mit brennenden Auspuff, ...)

Tabelle 50 E

- Tipp: S-Experiment: Ball an Schnur drehen und loslassen. – Elaborate für Beharrungsprinzip
- Tipp: Engage: Angeschalltes und nichtangeschnalltes Ei
- Tipp: Pro: Wichtiger Punkt, dass das 1. Newtonsche Axiom nicht nur im Weltall gilt, sondern auch auf der Erde – Beharrungsprinzip

Tabelle 51 F

- S-Vorstellungen: Muss Schwelle überwinden (sowas wie Haftreibung) damit sich ein Körper bewegt.
- S-Vorstellung: Abb. 6.7 LKW in Linkskurve: Die Ladung fliegt dann weg. Da ist ein Wille irgendwas zu tun. Es will auf der Spur bleiben oder wegfliegen. (Alltagssprache).
 - Alltagssprache: „Der Körper **möchte** in **seinem** Zustand bleiben“
- Tipp: Hier vermehrt mit Luftkissenbahnen arbeiten (nicht auf Schienen, besser auf einer Ebene)
- Tipp: Diskussion: Warum muss ich eine Ladung sichern?
- Schwierig: Beispiel b) Voyager
 - Kontext von Satelliten nicht mehr so aktuell
 - Hoverboard eher aktueller

Wechselwirkungs-Prinzip

Tabelle 52 A

- Tipp: Gedankenexperiment: Raketenbeispiel: Das Schwierige an einer Rakete ist, dass man genug Treibstoff und Masse mitführt, die man hinten rauswirft damit die Rakete nach vorne kommt. Wenn der Treibstoff zu leicht wäre dann gibt es keine Vorbewegung.
- Tipp: Schülerversuch: S auf Skateboard, der einen möglichst schweren Rucksack wegwirft.

Tabelle 53 B

- Hinweis: Merkkästchen: Schwierig: Körper 1 und Körper 2, das ist recht abstrakt.
- Hilfreich: Mehr Bilder, wo Kräfte auch eingezeichnet sind (Zeichnungen)
- Beispiel: Gehen: Wer übt da eine Kraft auf wen aus? Warum bekommt die Erde praktisch keine Zusatzgeschwindigkeit?
- Schwierig: Wo man diese Kraftpfeile überhaupt einzeichnet und beschriftet und in welche Richtung
- Schwierig: Berührungslose Kraftübertragung (wie ZB bei Gravitationskraft)

Tabelle 54 C

- Schwierig auch für L!
- Tipp: Unbedingt für die S mit Experimenten erfahrbar machen!
- S-Vorstellung: Verwechslung mit Kräftegleichgewicht
- Tipp: Gedankenexperiment: Warum soll ich den Stein ziehen wenn eine gleich große entgegengesetzte Kraft wirkt? Da kann ich ja nie von der Stelle kommen.
- Tipp: Alles immer mit Lineal zeichnen. Wenn L das nicht tut, dann die S sowieso nicht.
- Schwierig: Alle Aufgaben wo die Reibung eine Rolle spielt (das mit der Kanone wird gut verstanden)
- Schwierig: Je mehr Kräfte umso schwieriger.
- Tipp: BigBang: Pferde ziehen an der Levis-Jeans (LOGO). Was ist wenn man die Jeans auf einer Seite an eine Mauer befestigt?
- Hilfreich: Literaturtipps für L
- Hilfreich: Mehr Arbeitsblätter

Tabelle 55 D

- Hinweis: Kräfte greifen nicht im selben Angriffspunkt an
- Verwirrend: So wie es da steht, gilt das Prinzip nur eingeschränkt
- Schwierig: Wo soll die Gegenkraft der Gravitationskraft eingezeichnet werden?
- Hilfreich: Bewegung der Kanonenkugel mit Kräften versehen (Warum fliegt die Kugel anfangs nach oben, warum nach rechts, ...)
- Schwierig: Hilfe: „Das was ich jetzt mach – und das ist das was das Ganze so komplex macht – dass ich eine Mischung aus Kraft- und Geschwindigkeitspfeilen mache. Und ich weiß nicht wie man das löst. Also wenn sie da eine Idee haben, wie man das löst – Handkuss. Weil das ist natürlich schwierig. Weil natürlich wissen meine Schüler: Wenn ich eine Kraft in diese Richtung ausübe, dann folgt daraus, dass ich ein Δv in diese Richtung habe. Aber wie groß ist jetzt das Δv ?“
- Hilfreich: Nicht nur Kontaktkräfte besprechen – berührungslose Kraftübertragung thematisieren
- TiPP: Gedankenexperiment Rakete (2 Physiktest): Kräfte einzeichnen
 - Bild 1 – Motor läuft nicht (beide Kräfte heben sich auf)
 - Bild 2 – Motor läuft (Gravitationskraft hebt sich mit der Schubkraft auf)
 - Bild 3 – Rakete hebt ab
- Sehr anspruchsvolles Kapitel

Tabelle 56 E

- Tipp: Demonstrationsexperiment: Föhn auf Rollen
 - Föhn wird auf Wagerl vor einer Kartonwand welche auch am Wagen montiert ist platziert.
 - Frage: Was passiert, wenn der Föhn eingeschalten wird?
- Demonstrationsexperiment: Luftballonrakete
 - Luftballon wird mit aufgeklebten Strohalm auf Schnur befestigt, aufgeblasen und losgelassen

Tabelle 57 F

- S-Vorstellungen:
 - Das ist keine WW, sondern das ist die Gravitations- und die Magnetkraft. Nur ein Körper wird betrachtet, nicht beide WW-Partner.
 - Der zweite Partner wird immer vergessen.
 - Verwechslung mit dem Kräftegleichgewicht
- S-Vorstellungen: Straße ist nicht passiv sondern der Grund warum wir uns fortbewegen können
- Hilfreich: Links zu mehr Arbeitsblättern
- Hilfreich:
 - Beispiel b) Bruchtest beim Karate (S wollen das immer sehen)
 - Freihandexperiment (welches immer gelingt)
- Tipp: Mit Kraftsensoren, die an beiden WW-Partnern (zB V1) angebracht sind nachprüfen, dass beide Ausschläge gleich groß und entgegengesetzt gerichtet sind.
 - Alternativ mit Beschleunigungssensoren danach zurück auf die Kräfte schließen
- Hilfreich: Vorschläge für kleine, nicht aufwändige Experimente mit Sensoren und Smartphones

Kraftarten

Tabelle 58 C

- Tipp: Stationenbetrieb: Gravitationskraft mittels Gedankenexperiment (Cavendish)

Tabelle 59 F

- Schwierig: Kraftarten mit WWP zu verbinden
- Zeitaufwändig: Gravitationskraft ist eine WW zwischen dem fallenden Apfel und der Erde.
 - Unterstufe: nur exemplarisch durchgehen
- Tipp: Tempo- oder Richtungsänderung. Dh wir haben eine Geschwindigkeitsänderung, also war da eine Einwirkung. Eine Einwirkung haben wir Kraft genannt. Welche Kräfte gibt es überhaupt?
- Tipp: Gravitationskraft, Magnetische und elektrische Kraft sind fernwirkende Kräfte. Diese stehen hier für sich.
 - Wichtig: Immer dazusagen, dass die Erde auch eine Zusatzgeschwindigkeit erhält, die aber nicht messbar ist.
- S-Vorstellung: Manchmal übt ein Körper keine Kraft aus, weil er nicht will. So wie ein Boxer, welcher gerade nicht „hinboxt“ weil er nicht muss.

Reibungskraft

Tabelle 60 A

- Tipp: Rechenaufgaben: Wie schnell kann Auto durch Kurve fahren (Zentripetalkraft = Reibungskraft)

Tabelle 61 B

- TIPP: Ein Leben ohne Reibung. Wir befinden uns auf einem spiegelglatten Eis. Was passiert, wenn wir in Bewegung sind. Können wir stoppen? Können wir lenken? Wie schaut die Bewegung auf nahezu reibungslosem Boden aus?
- Hinweis: Luftreibung auch als Reibungskraft thematisieren (Reibung zwischen Festkörpern im Kapitel)

Tabelle 62 F

- S-Vorstellungen: Antrieb geht aus, Rakete bleibt stehen.
- Tipp:
 - In Unterstufe nur benennen und dass sie immer entgegen der Bewegungsrichtung wirkt
 - In Oberstufe der Reibungskraft eigene Einheit widmen (erst machen, wenn man sie verstehen kann)
- Schwierig: Aufgabe 14 Unterstufe
 - Anderen Kontext wählen (Kleinplaneten, Erden, ...)

Einführung der Gravitations- und Gewichtskraft

Tabelle 63 A

- Gut gegangen: Abb. 8.10 Mit dem Gravity Tractor kann die Bahn von Apophis geändert werden: (sehr interessant)
- Formel für Gravitationskraft fällt vom Himmel und wird besprochen (qualitativ und quantitativ)
- Gewichtskraft: Im dynam. Grundgesetz wird die Beschleunigung in dem Fall zur Erdbeschleunigung (ist eine Näherungsformel und später kommt dann das Gravitationsgesetz)

Tabelle 64 C

- Hilfreich: Weitere Experimente zur Gravitationskraft (Fallbeispiele sind etwas langweilig)

Tabelle 65 D

- Gewichtskraft: Je größer die Masse desto größer die Gewichtskraft. Da gibt es einen Umrechnungsfaktor und der ist 10.
 - Die Gewichtskraft von 1 Newton ist ungefähr 100g – eine Tafel Schokolade
- Schwierig: (Abb 8.2) Kreisbahn des Monds um die Erde
 - Schwarzer Pfeil nicht beschriftet (Annahme Anfangsgeschwindigkeit). Konstruktion der Endgeschwindigkeit führt zu einer Endgeschwindigkeit nach Innen (Aus Sicht des Schülers)

Tabelle 66 E

- Tipp: Hier ist stets nur die Rede, dass die Erde eine Kraft auf Massen in ihrer Nähe ausübt, die Erde eine Kraft auf den Mond ausübt und die Sonne eine Kraft auf die Erde und den Mond ausübt. Dass dies auch umgekehrt geschieht wird nicht herausgearbeitet.

Tabelle 67 F

- Tipp: Gewichtskraft: Wie im Aulisbuch durchgeführt anhand eines Stroboskopbildes.

Magnetische Kraft

Tabelle 68 E

- Tipp: Abbildung 8.3. Man sollte entweder beide Magneten auf ein Wägelchen, auf Korkstöpsel im Wasser geben oder auf Fäden aufhängen sodass sich beide abstoßen oder anziehen können
Veranschaulichung des Wechselwirkungsprinzips

Tabelle 69 F

- Tipp: Achtung: Man macht sich hier schnell das Thema Magnetlehre auf.
- Tipp: V2 Magnet und Eisenstange verwenden, dann hat man bei beiden Seiten die anziehende Wirkung
- Tipp: V2: Sich bewusst machen, dass man das WWP ausklammert, wenn man den Magneten hält, erst wenn man den 2. Magneten auch auf einen Wagen stellt, dann sieht man, dass beide eine Zusatzgeschwindigkeit erfahren.
- Tipp: Abb 8.2 Kreisbahn des Mondes um die Erde
 - Analogiebeispiel zum Hammerwerfer, wenn die Erde plötzlich verschwinden würde

Elektrische Kraft

Tabelle 70 D

- Schwierig, da bisher noch nicht über Elektrizität gesprochen wurde.

Hookesches Gesetz

Tabelle 71 A

- Tipp: Schülerexperiment: S arbeiten mit Federn und Massestücken und beobachten, dass die Ausdehnung der Feder proportional zur Masse ist. Gemeinsam wird dann die Formel hergeleitet.
- Tipp: Auf Kraftmesser wird nicht eingegangen, außer dass man Kraft aufgrund des Hookeschen Gesetzes messen kann. (Arbeitsblatt: Zusammensetzung von Kräften mit Pythagoras)

Tabelle 72 B

- Tipp: Einführung wie im Aulis-Buch (Mechanik II) mit Spannungs- Dehnungsdiagramm oder mit einem Federkraftmesser und verschiedener Massestücke
- Tipp: Kraftmesser als Blackbox im Unterricht verwendet
- Tipp: Achtung Zirkelschluss: Kraftmesser verwenden um Hookesche Gesetz nachzuweisen

Tabelle 73 C

- Tipp: Massestücke an Federkraftmesser gehängt und Formel hergeleitet

Tabelle 74 D

- Tipp: Mit Gummiringen untersucht: Je größer die Masse, desto größer die Ausdehnung. Für genauere Untersuchungen kann man den Kraftmesser nehmen.
- Tipp: Vorsicht: Kraftmesser sind als Präzessionsmesser ungeeignet für Schülerexperimente.
 - Hängen zu viel Masse drauf, gehen nicht ordnungsgemäß damit um

Tabelle 75 F

- Noch nie gemacht, erst bei Federschwingungen durchgenommen. Vorher immer mit Kraftsensoren gemessen und diese messen Kraft.

Kräftegleichgewicht

Tabelle 76 b

- Schwierig: Wird oft mit WW-Prinzip verwendet.
- Schwierig: Keine Nettokraft bedeutet keine Zusatzgeschwindigkeit – was heißt das jetzt?
- Schwierig: Schlüssel auf dem Tisch: Geschwindigkeit ist Null, weil das da am Tisch liegt und wir im richtigen Bezugssystem sind. Wenn ich mich vorbeibewege ist die Geschwindigkeit konstant.
- Tipp: Kräftegleichgewicht beim Milikanversuch später (Motivation f. L)

Tabelle 77 c

- S-Vorstellung: Verwechslung mit dem WW-Prinzip
- Schwierig: Die richtigen Vektoren zu addieren (Kräfte 2er verschied. Objekte)
- Hilfreich: Schema wie man vorgeht: (Welche Kräfte sind relevant, wo greifen die an, wie viele Objekte betrachte ich) – Checkliste
- Schwierig: Kontextwechsel
 - Abb. 9.8 ohne Bilder, nur mit Platzhalter zum Test – konnte nicht übertragen werden.
 - Bewegung am Wasser oder im Schnee – die Konstruktion ist die Gleiche

Tabelle 78 d

- S-Vorstellung: Wenn die Gesamtkraft Null ist, dann bewegt sich der Körper nicht.
 - Damit sich etwas nicht bewegt genügt es nicht, dass nur die Kräfte im Gleichgewicht sind, sondern es muss zusätzlich das Tempo Null sein.
- Hilfreich: Mehr Beispiele zum Kräftegleichgewicht
 - Auftreten von Kräften, die der Bewegungsrichtung entgegenwirken besprechen (Reibungskraft, Luftreibung, ...)

Tabelle 79 e

- Tipp: Bevor man auf die Bedeutung des Kräftegleichgewichts bei auf Oberflächen (Tisch, Boden, etc.) ruhenden Körpern im Gravitationsfeld der Erde eingeht, kann man überlegen ob es zielführender ist dasselbe Prinzip zunächst bei der offenen Handfläche ruhenden Körpern zu besprechen.
 - Vorteil: Man kann die wirkende Kraft wirklich spüren und im nächsten Schritt dann schließen, dass also auch der Tisch auf das Objekt eine Kraft ausüben muss um es in Position zu halten.

Tabelle 80 f

- S-Vorstellung: Wenn sich was bewegt, dann wirkt eine Kraft oder es hat Kraft
- S-Vorstellung: Wo sich nichts bewegt, da kann keine Kraft sein
- S-Vorstellung: Kräftefreier Körper bedeutet Stillstand oder umgekehrt, dass wenn ein Körper in Bewegung ist, sei es mit konstantem Tempo oder Richtung immer noch eine Kraft hat.
 - Schwierig: Abb. 9.5, dass hier sehr wohl die Gravitationskraft wirkt und auch ein Tisch da steht und deshalb das Buch in Ruhe ist.
- Hilfreich: Beispiel a) Fallschirmspringer
 - Wichtig fürs Verständnis
 - Tipp: Gesamten Ablauf betrachten (Sprung aus Flugzeug – Geschwindigkeit ändert sich zu jedem Zeitschritt – Schirm öffnet sich – Grenzfall: Luftreibung und Gravitationskraft sind gleich und dann fällt er immer noch nach unten). Quintessenz ist die konstante Geschwindigkeit
 - Vergleich: Mit oder ohne Luftwiderstand (den man gebaut hat)
- Tipp: Kräftegleichgewicht
 - Viele Beispiele anführen und besprechen an welchem Körper welche Kräfte in welche Richtungen angreifen
 - Mit Pfeilen arbeiten
 - Bedingungen nochmal verdeutlichen
 - Nichts besprechen, wo man sich selbst unsicher ist
 - Experimente analog zum Fallschirmspringer machen
 - Minifallschirme im Stiegenhaus fallen lassen. Problem: sind leider ziemlich schnell im Gleichgewicht und es ist schwierig eine gute Position für die Aufnahme zu finden.
- Tipp: Kraftpfeile aneinanderhängen (Abb. 9.2)
 - Das Blatt muss nicht zwingend bei der Pfeilspitze der resultierenden Kraft ankommen, da dies nur eine momentane Betrachtung ist. Es könnte zwischendurch ein Windstoß kommen und das Blatt würde erneut eine Zusatzgeschwindigkeit erhalten.
 - Fliegendes Blatt anhand eines Stroboskopbildes besprechen.

11.4. Inhaltsanalyse der Autorenbefragung

Allgemeine Informationen

- 1 Doppelseite entspricht einer Schulstunde
- Unterrichtstempo wird durch Textlängen gesteuert
- Verständnis aller Mechanik durch eine Gleichung: $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$
- 2-dimensionaler Einstieg, da die Erweiterung zum 2-dimensionalen nicht gut gelingt
- Die Newtonschen Axiome sind nicht der Reihe nach eingeführt und auch nicht nummeriert. Die newtonsche Bewegungsgleichung wird rein qualitativ eingeführt (2. Axiom als erstes)
- Konzept hat gut funktioniert
- Erst bei genügend Erfahrung über das Buch variieren
- **Beschleunigungsbegriff:**
 - Tipp: Wie im Kasten auf S. 24 für Spezialisten erwähnen (dann ist Lehrplan erfüllt)
schwieriges Konzept
 - **Die Beschleunigung einzuführen schadet dem Konzept (laut Studie) – kein Mehrwert außer zusätzliches Fremdwort**
 - Man kann auch sehr schöne Physik machen ohne die Beschleunigung zu erwähnen

Vorgehen bei Zeitmangel

- **Nichts auslassen, Proportionen beibehalten/Tempo durch Textlängen gesteuert**
- Je konzepttreuer der Unterricht, desto besser lernen die S (Diss Tobias)
- Der Kern des Buches ist die NBG und ihre Anwendungen
- Am Anfang genug Zeit einplanen
- Der strukturelle Aufbau ist für den Erfolg maßgeblich
- Tipp: Bei Masse und Gewicht kann Zeit eingespart werden/den geschichtlichen Weg zu gehen ist nicht nötig
- **Bei den Kraftarten kann man gut einsparen –**
 - Reibungskraft nicht auslassen
- WWP kann ausgelassen werden, da nicht darauf aufgebaut wird

Beschreibung und Darstellung von Bewegungen

- Tipp: S **unbedingt eigene Stroboskopaufnahmen erstellen lassen** –
 - Besprechung springender Ball als Explore – Erkenntnisdimension E: Forschungsfrage: Wie können wir das untersuchen
 - Nicht wie gewohnt ein Weg-Zeit-Diagramm, sondern x-y Diagramm/Keine Beschleunigungs- oder Verzögerungsdiagramme

Wie schnell? Wohin?

- Tipp: Problemlose Unterscheidung von Momentan- und Durchschnittstempo

Die Zusatzgeschwindigkeit

- Tipp: in der 2. Klasse: Behandlung der Kinematik: Bis einschließlich Kapitel 4: Zusatzgeschwindigkeit.
- Tipp: v_2 : je größer die Masse der Kugel umso besser
- Tipps:
 - L vergessen oft was die S noch nicht beherrschen
 - Lösen von Gleichungen (mit Pfeilen noch schwieriger)
 - **Addition von Pfeilen für S kein Problem (Bestimmung der Endgeschwindigkeit)**
 - **Subtraktion von Pfeilen sehr schwierig**
 - **Durch gezieltes Überlegen schaffbar**: „und wieviel ist“, Probe auf den 2. Summanden (Bestimmung der Zusatzgeschwindigkeit) gut anleiten /Wird nur über Addition gelöst
 - Hinweis: Der Vektorbegriff von L bereits überladen/Bewusst den Begriff Pfeil verwenden
 - Tipp: Veranschaulichung mittels dünner angefeuchteter Styropopfeile/Verwendung der Arbeitsblätter im Aulis-Band (Viel Üben)

Die newtonsche Bewegungsgleichung und ihre Anwendungen

- Tipp: 4. Klasse und höher
- Tipp: **Unterschied Masse und Gewicht** steht im Lehrplan – knapp behandeln
 - Geschichtlicher Weg an dieser Stelle nicht nötig
- Tipp: Die Proportionalitäten plausibel machen und dann die Gleichung vom Himmel fallen
- Tipp: Experimente machen und dann fällt Gleichung relativ vom Himmel
- Tipp: Da die Masse nicht definiert ist werden bewusst Begriffe wie „leichter“ und „massiger“ verwendet
- **Tipp: Produktgleichungen einfacher zu verstehen**
- Einheiten sind so gebaut, dass keine weitere Konstante benötigt wird
- Tipp: Aufgabe 4: Wo im Alltag treten Bewegungsänderungen auf?
 - Den Zusammenhang einer Kraft mit der Bewegungsänderung zu festigen.
 - Musterantwort: Eine Kraft ist etwas was einem Körper eine Zusatzgeschwindigkeit gibt. Das ist eine Kraft. Nur die Definition anwenden (Bus fährt um die Kurve, U-Bahn bremst, ...)
 - Messexperiment mit Smartphone

Beharrungsprinzip:

- Trägheitsprinzip – es gibt keine physikal. Größe die Trägheit heißt
- **Beharrung – neutraler Begriff um keine S-Vorstellungen zu generieren**
- Tipp: Abb. 6.7: Beobachtung von außen und nicht vom bewegten System aus
- Ungeeignetes Experiment – Tischdecke wegziehen
- Hinweis: In Schulwirklichkeit ein Spezialfall des ersten Newtonschen Axioms/Der Kern ist aber die Definition von Inertialsystemen

Kraftarten

- (phänomenologisch aufgebaut: WW- und Kontaktkräfte)
- Wird als reine Anwendung des WWP verstanden
- Offene Frage wie man über die dynamische Einführung der Kraft zu den Kraftgleichungen kommt.

Hookesches Gesetz

- **Wird in diesem Konzept nicht gebraucht**
- Tipp: L wollen es unbedingt machen wegen um für den Mathematikunterricht vorzubauen (lineare Funktionen) – Empfehlung, dass man es so einführt wie im Lehrerhandbuch beschrieben

Änderungen

- Spontan nichts, erst Diplomarbeiten zu bestimmten Themen anfertigen lassen
- **Merksatz Seite 18 – Einwirkungsdauer und Zusatzgeschwindigkeit**
 - Sehr umständlich, aber auf den Begriff Betrag verzichten
 - Mathematisch unsauber: Je-desto-Beziehung zwischen Skalar und Vektorgroße

Medieneinsatz:

- **Sony Motion App**
- Live video strobe
- **Mesurement dynamics**

Literatur für Lehrkräfte/Nachschlagewerke:

- Giancoli - Physik
- Hewitt – Conceptual Physics
- Tipler – Physik (+ Übungsbuch)
- Demtröder - Physik
- Chabay and Sherwood: Matter and Interactions
- Bergmann und Schäfer - Physik
- Halliday - Physik
- Zeitungsartikel aus Physik der Naturwissenschaft

11.5. Musterlösungen

2. Die Darstellung und Beschreibung von Bewegungen

2.1. Beschreibe, wie die Bewegung des Storches Max aufgezeichnet wurde.

Der Sender speichert in regelmäßigen Zeitintervallen die GPS-Koordinaten von Max Aufenthalt. Diese Koordinaten werden dann mit dem Datum in die Karte eingetragen. Um die Bewegung von Max darzustellen benötigt man also nicht nur den Ort, sondern auch den Zeitpunkt der Messung.

2.2. Erläutere, weshalb aus dem Bild 2.2 nicht die exakte Flugroute von Max ablesbar ist.

Die exakte Flugroute ist deshalb nicht ablesbar, da zwischen den Zeitpunkten der Messungen ein ganzer Tag liegt. Man kann keine Aussage darüber machen, ob Max beispielsweise zwischen dem 29.8. und dem 30.8. einen großen Umweg oder einfach eine längere Pause gemacht hat.

2.3. In Bild 2.4 siehst du das Stroboskopbild eines Fußballs.

2.3.1. Beschreibe die Bewegung des Balls. Entscheide, ob die Bewegung am linken oder am rechten Bildrand angefangen hat.

Betrachtet man das Stroboskopbild von links aus, werden die Abstände zwischen den Aufnahmen immer kleiner, bis der Ball die höchste Position im Bild erreicht.

Da alle Bilder im gleichen Zeitintervall aufgenommen wurden kann man schließen, dass der Ball bis zur höchsten Position langsamer wird.

Nachdem der Ball die höchste Position erreicht hat, werden die Abstände immer größer. Daraus kann man schließen, dass der Ball immer schneller wird.

Da der Ball nach dem Aufprall nicht die Höhe vor dem Aufprall erreichen wird, hat die Bewegung am linken Bildrand angefangen.

2.3.2. Wann war der Fußball am schnellsten? Wann war er am langsamsten? Kannst du den genauen Zeitpunkt nach dem ersten Aufprall angeben?

Nummeriert man die Position der Bälle von links nach rechts durch, dann kann man die genauen Positionen des Balles angeben.

Der kürzeste Abstand ist zwischen den beiden Positionen 13 und 14. Nach dem ersten Aufprall war der Fußball also am langsamsten.

Kurz vor dem Aufprall, zwischen den Positionen 12 und 13 liegt der größte Abstand der Aufnahmen. Also war er kurz vor dem Aufprall am schnellsten.

Der genaue Zeitpunkt nach dem ersten Aufprall liegt nach der 13. Aufnahme. Da zwischen zwei Aufnahmen immer 0,04 Sekunden liegen ist der genaue Zeitpunkt nach dem ersten Aufprall nach exakt 0,52 Sekunden.

2.4. Statt immer wieder neue Fotos zu machen, kannst du auch einen Videofilm drehen. Eine Videokamera funktioniert nämlich genauso: Alle 0,02 Sekunden wird ein neues Bild aufgenommen. Das siehst du, wenn du einen Videofilm bildweise ablaufen lässt. Dann kannst du z.B. einen Ablauf wie in Bild 2.5 erkennen.

- a) Betrachte irgendeinen Film Bild für Bild und beschreibe eine der Bewegungen, die du dort erkennen kannst.**
- b) Erstelle ein Stroboskopbild dieser Bewegung. Klebe dazu eine Plastikfolie über den Bildschirm. Wähle dir dann einen Punkt auf dem Gegenstand aus und markiere ihn mit Folienstift. Gehe jetzt ein Bild weiter im Film und markiere den Punkt erneut.**
- c) Erkläre, wann sich der von dir ausgewählte Gegenstand am schnellsten und wann am langsamsten bewegt.**

Aktivität für SchülerInnen

3. Wie schnell? Wohin?

3.1.1. Tempo beim 100m-Lauf. Bei einem solchen Rennen werden auch die Reaktionszeiten und die Zwischenzeiten der Sprinter aufgezeichnet. Anhand der Tabelle 1 kannst du das Tempo der drei Erstplatzierten auf verschiedenen Streckenabschnitten berechnen.

Auf welchen Streckenabschnitt erreichte Usain Bolt das größte Tempo? (Im vorletzten Streckenabschnitt)

Wie groß war es? ($v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{20 \text{ m}}{1,61 \text{ s}} = 12,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 44,7 \frac{\text{km}}{\text{h}}$)

Welches war das größte Tempo, das seine beiden Konkurrenten auf einem Streckenabschnitt erreichten?

Tyson Gay: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{20 \text{ m}}{1,63 \text{ s}} = 12,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 44,2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Asafa Powell: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{20 \text{ m}}{1,68 \text{ s}} = 11,9 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 42,9 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

An welcher Stelle wurde es erreicht?

Auch im vorletzten Streckenabschnitt.

3.2. Richtung

3.2.1. Erkläre, was bei einer Bewegung außer den Orten noch angegeben werden muss.

Die zugehörigen Zeitpunkte.

3.2.2. Erkläre, wie du das Tempo eines ferngesteuerten Autos mit einem Experiment bestimmen kannst.

Man wählt einen Anfangs- und einen Endpunkt aus, zwischen denen man das Tempo des ferngesteuerten Autos messen will. Nun misst man die Zeit, die das ferngesteuerte Auto benötigt um diese Strecke zurückzulegen. Das Tempo kann man anschließen als den Quotient von zurückgelegter Strecke (Abstand von Anfangs- und Endpunkt) und dafür benötigte Zeit berechnen: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

3.2.3. Finde heraus, wie ein Fahrradtacho das Tempo misst. Überlege dir ein Experiment, um herauszufinden, ob der Tacho das richtige Tempo anzeigt.

Auch das Tempo eines Fahrrads wird mit der Formel $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ bestimmt. Beim Tachometer wird allerdings der zurückgelegte Weg über den Reifenumfang gemessen. Damit die zurückgelegte Strecke ermittelt werden kann, benutzt man die Formel für den Umfang eines Kreises: $U = 2r\pi$.

Bei einer Umdrehung des Reifens wird die Strecke $U = 2r\pi$ zurückgelegt.

Um die benötigte Zeit zu messen befindet sich beim Fahrradtacho ein an den Speichen fixierter Sender der sich während der Fahrt mit dreht und bei jeder vollen Umdrehung ein Signal an einem an der Fahrradgabel befestigten Empfänger sendet.

Dieses Prinzip lässt sich überprüfen, indem man mit dem Fahrrad eine Strecke mit gleichbleibendem Tempo entlangfährt und die Zeit (mit Lichtschranken, Stoppuhr) misst. Der Fahrradtacho misst das richtige Tempo, wenn der am Tachometer angezeigte Wert mit dem berechneten Wert übereinstimmen.

3.2.4. Beim 400 m-Lauf starten die Athleten von ganz unterschiedlichen Positionen (Bild 3.8). Erkläre, weshalb nur so ein fairer Wettkampf möglich ist.

Obwohl alle Athleten das gleiche Ziel haben, bewegen sie sich mit unterschiedlichen Bewegungsrichtungen auf das Ziel zu. Da die Athleten auf den äußeren Bahnen einen längeren Weg bis zur Zielstrecke zurücklegen würden, starten diese mit entsprechenden Vorsprung.

3.2.5. Beim Biathlon-Verfolgungsrennen starten die Läufer in der gleichen Reihenfolge und mit gleichen zeitlichen Abstand, mit dem sie am Tag vorher beim Sprint ins Ziel gekommen sind. Der Sieger des Sprints startet also als erster. Der Zweitplatzierte des Sprints darf auch als zweiter in die Loipe, und zwar genau nach Ablauf der Zeit, die er am Tag zuvor zurücklag. Bei den Olympischen Spielen in Turin siegte der Deutsche Sven Fischer im Sprint und war dabei 2 min 11 s schneller als sein Teamkamerad Michael Greis. Am Ende des Verfolgungsrennens am nächsten Tag kam Sven Fischer nur 1 min 4 s vor Michael Greis ins Ziel. Wer von den beiden hatte beim 12,5 km langen Verfolgungsrennen ein größeres (Durchschnitts-)Tempo?

Michael Greis hatte während dem Verfolgungsrennen das höhere Durchschnittstempo, da dieser den Vorsprung von Sven Fischer verkleinern konnte.

Wäre Sven Fischer 2 min 11 s vor Michael Greis ins Ziel gekommen, hätten beide Athleten im Verfolgungsrennen das gleiche Durchschnittstempo gehabt.

Hätte umgekehrt Sven Fischer seinen Vorsprung von 2 min 11s ausbauen können, so hätte dieser auch im Verfolgungsrennen das höhere Durchschnittstempo gehabt.

3.2.6. a) Martin behauptet: „Immer wenn die Pfeile zweier bewegter Gegenstände die gleiche Richtung haben, haben sie auch das gleiche Ziel.“ Erkläre Martin, warum er nicht Recht hat.

Mit einem Gegenbeispiel:

Oft bildet sich beim Einkaufen im Supermarkt eine Schlange vor den Kassen. Sind mehrere Kassen nebeneinander geöffnet, bewegen sich die Kunden alle in die gleiche Richtung aber auf unterschiedliche Kassen zu.

b) Matthias sagt: „Haben zwei Autos das gleiche Ziel, dann zeigen ihre Pfeile auch in die gleiche Richtung“. Auch Matthias hat nicht Recht. Warum?

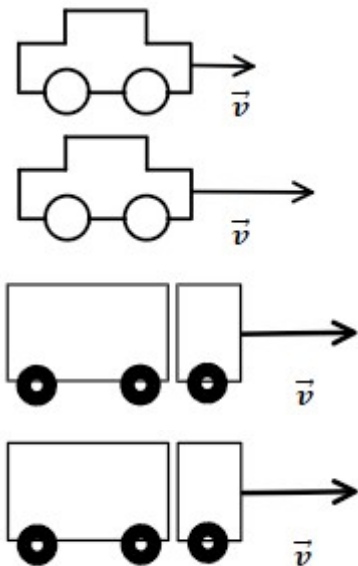
Wenn man von Wien oder Vorarlberg aus das gleiche Ziel, nämlich Salzburg hat, dann fahren die Autos in entgegengesetzte Richtungen.

3.3. Geschwindigkeit

3.3.1. Erläutere den Unterschied zwischen Geschwindigkeit und Tempo.

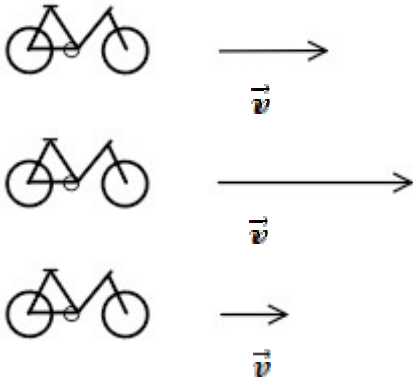
Die Geschwindigkeit wird mit einem Pfeil dargestellt, dessen Länge durch das Tempo dargestellt wird. Um eine Geschwindigkeit zu beschreiben muss man Tempo und Richtung angeben. Das Tempo beschreibt wie schnell sich ein Gegenstand bewegt, aber nicht in welche Richtung.

3.3.2. Zeichne ein Bild, in das du zwei Autos mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten $\vec{v}_1$ und $\vec{v}_2$ und außerdem zwei LKWs mit gleicher Geschwindigkeit $\vec{v}_3$ und $\vec{v}_3$ einzeichnest!

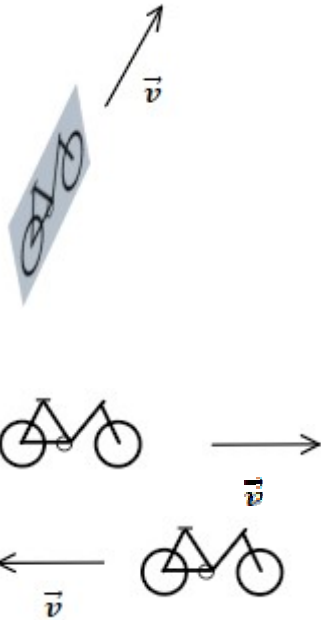


3.3.3. Zeichne jeweils drei Fahrräder mit

a) gleicher Bewegungsrichtung aber unterschiedlichen Geschwindigkeiten $\vec{v}$,

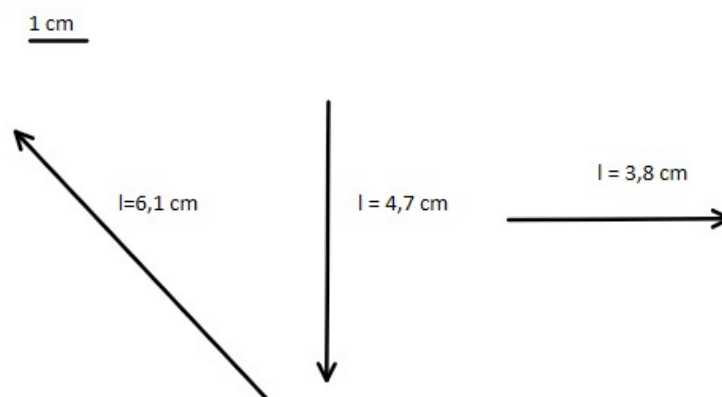


b) gleichem Tempo v , aber unterschiedlichen Geschwindigkeiten $\vec{v}$!

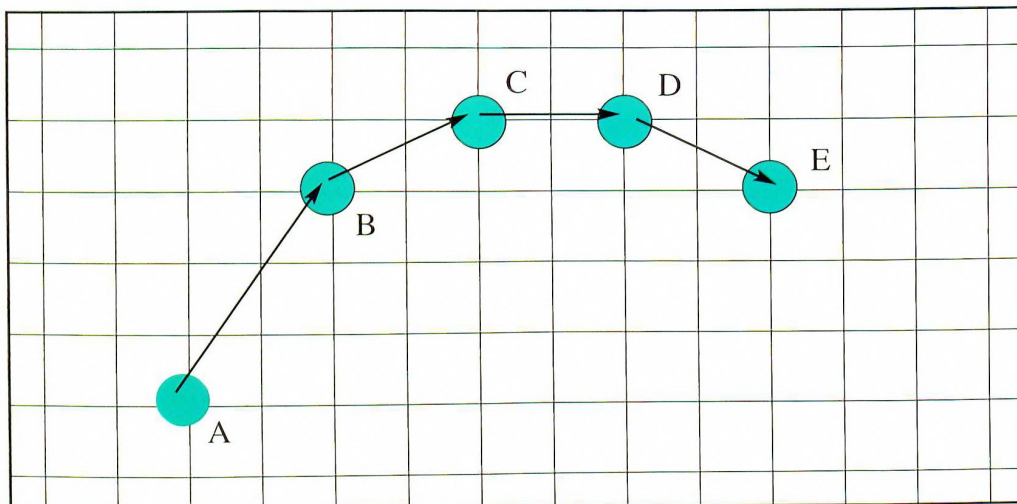


Alle Pfeile haben die gleiche Länge.

- 3.3.4. Zeichne die Geschwindigkeitspfeile für Flugzeuge, die**
 a) mit 610 km/h nach Nordwesten,
 b) mit 470 km/h nach Süden,
 c) mit 380 km/h nach Osten
 fliegen. (1 cm entspricht dabei 100 km/h)



- 3.3.5. Übertrage das Stroboskopbild (Bild 3.16) ins Heft. Zeichne Geschwindigkeitspfeile an den Punkten A, B, C und D. Die Zeit zwischen zwei Bildaufnahmen beträgt eine Sekunde.**



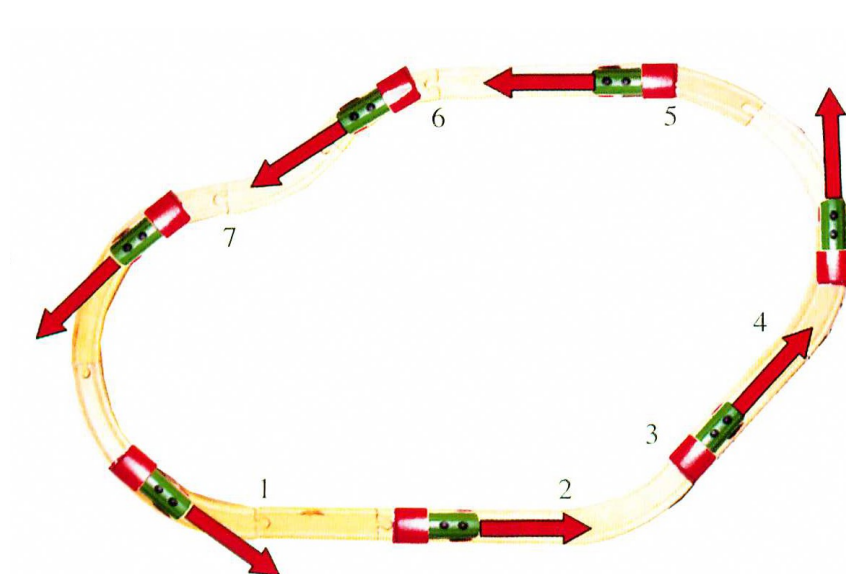
Tempo AB: 0,36 m/s; Tempo BC: 0,22 m/s; Tempo CD: 0,20 m/s; Tempo DE: 0,22 m/s. Maßstab: 1 Kästchen $\hat{=}$ 10 cm

(vgl. Wiesner, et al. 2012:56)

3.3.6. Betrachte die Stroboskopbilder in den Bildern 3.17 und 3.18. Beschreibe jeweils, wie sich die Geschwindigkeit im Verlauf der Bewegung verändert!

3.17 - Hammerwurf: Das Tempo bleibt gleich. Die Geschwindigkeit ändert sich ständig.

3.18 – Rundkurs:



Das Tempo bleibt gleich, die Geschwindigkeit ändert sich zwischen 2 und 3, 4 und 5, 6 und 7 und 1.

Die Geschwindigkeit bleibt gleich zwischen 1 und 2, 3 und 4, 5 und 6, aber diese Geschwindigkeiten sind alle voneinander verschieden (unterschiedliche Bewegungsrichtungen).

(vgl. Wiesner, et al. 2012:56)

4. Die Zusatzgeschwindigkeit

4.1.1. Überlege dir, $\vec{v}_A$, $\vec{v}_E$ und $\Delta\vec{v}$ beim Elfmeterschießen und beschreibe jeweils das Tempo.

Va: Die Anfangsgeschwindigkeit beim Elfmeterschießen ist Null.

Die Endgeschwindigkeit beim Elfmeterschießen ist genauso groß wie die Zusatzgeschwindigkeit.

Das Tempo der Anfangsgeschwindigkeit ist Null.

Das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit ist genauso groß wie das Tempo der Endgeschwindigkeit.

Beim Elfmeterschießen befindet sich der Ball in Ruhe 11 Meter vor dem Tor. Das bedeutet, dass die Anfangsgeschwindigkeit Null ist.

Wird dem Ball mit dem Fuß gestoßen, so erhält dieser eine Zusatzgeschwindigkeit. Da der Ball keine Anfangsgeschwindigkeit hatte entspricht die Endgeschwindigkeit der Zusatzgeschwindigkeit.

4.2. Beschreibe eine Bewegung für die gilt:

a) $\vec{v}_A = 0$, $\Delta\vec{v}$ und $\vec{v}_E \neq 0$

Elfmeterschießen,

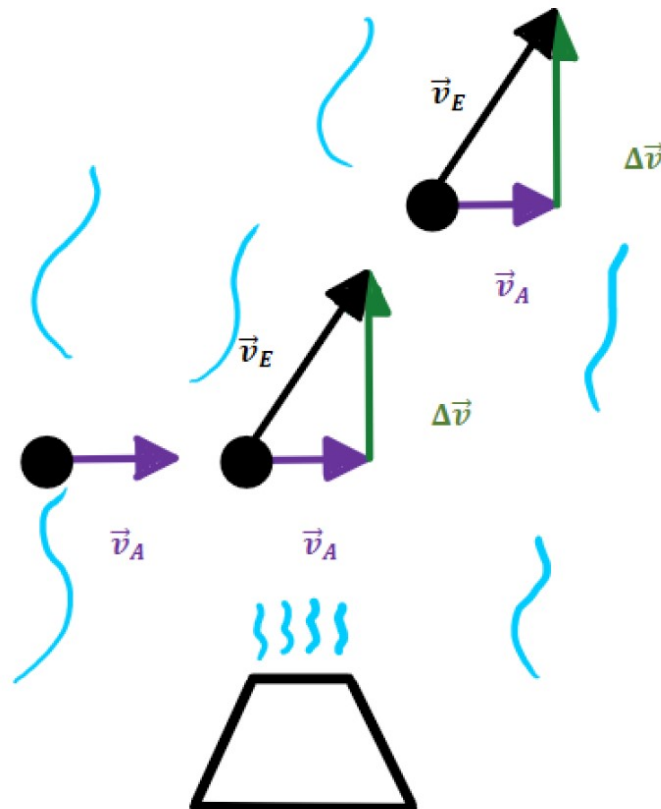
b) $\vec{v}_E = 0$, $\Delta\vec{v}$ und $\vec{v}_A \neq 0$

Einen Ball fangen.

d) $\Delta\vec{v} = 0$, $\vec{v}_A$ und $\vec{v}_E \neq 0$

Schlittschuhlaufen, über das Eis gleiten.

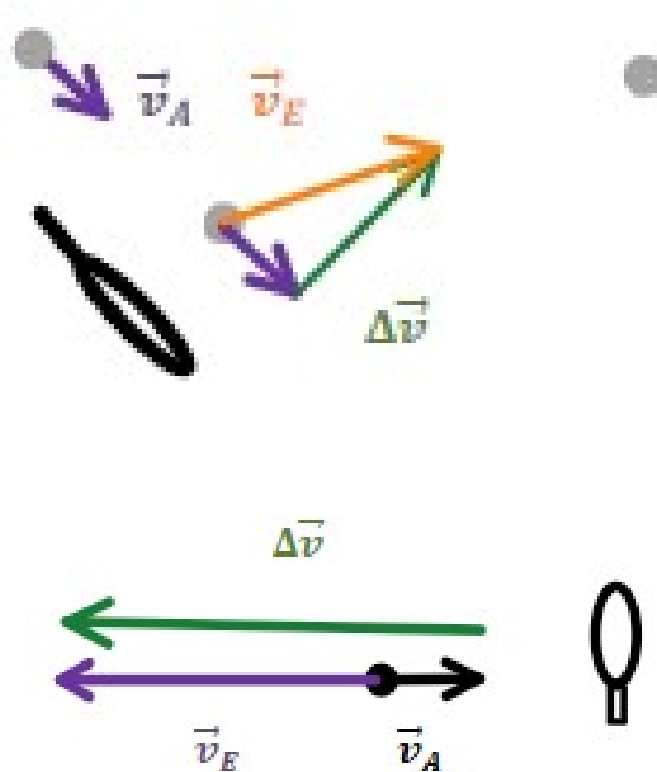
- 4.3. Kim schwimmt mit konstantem Tempo an einer Düse im Schwimmbad vorbei. Durch die Düse erhält sie eine Zusatzgeschwindigkeit. Zeichne drei Bilder, aus denen die Bewegung deutlich wird und stelle die drei Geschwindigkeitspfeile $\vec{v}_A$, $\Delta\vec{v}$ und $\vec{v}_E$ dar. (Tipp: Betrachte Bild 4.15)



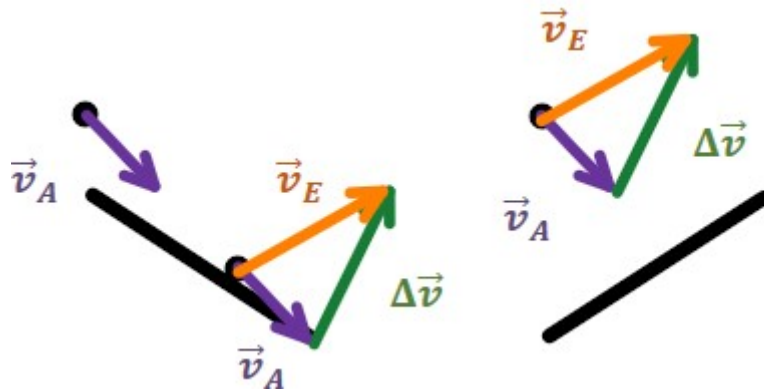
- 4.4. Diskutiere mit deinen Mitschülern folgende Behauptungen: Hannah sagt: „Der Pfeil der Zusatzgeschwindigkeit und der Pfeil der Endgeschwindigkeit zeigen bei allen Bewegungen immer in die gleiche Richtung.“ Leonie sagt: „Der Pfeil der Endgeschwindigkeit kann nie länger sein als der Pfeil der Zusatzgeschwindigkeit.“ Aische sagt: „Beim Tennis muss der Pfeil der Zusatzgeschwindigkeit länger sein als der Pfeil der Anfangsgeschwindigkeit, damit der Ball zum Gegner zurückfliegt.“

Aktivität für SchülerInnen

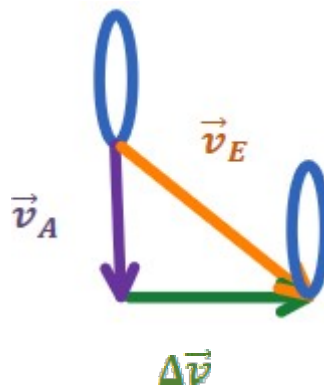
- 4.5. Dein Freund spielt dir einen ziemlich schwachen Ball zu. Du nimmst die Gelegenheit wahr und schmetterst den Ball ins andere Eck der Tischtennisplatte zurück. Zeichne für diese Situation eine mögliche Anordnung der Pfeile von $\vec{v}_A$, $\Delta\vec{v}$ und $\vec{v}_E$ kurz nach dem Stoß.



- 4.6. Kevin spielt gern Flipper. Er trifft die Kugel ziemlich gut, katapultiert sie damit zurück in den Flipperkasten und bekommt eine Menge Punkte. Zeichne eine Situation ins Heft, wenn Kevin die Kugel trifft und diese wieder zurück in den Kasten fliegt. Zeichne eine mögliche Anordnung der Pfeile von $\vec{v}_A$, $\Delta\vec{v}$ und $\vec{v}_E$ ein.



- 4.7. Tims Hobby ist Surfen. Auf dem Gardasee fährt er mit seinem Surfbrett bei leichter Brise schön gemächlich dahin. Plötzlich kommt eine starke Windböe. Tims Tempo wird größer und es treibt ihn ein Stück von seinem Kurs ab. Skizziere das Surfbrett in dein Heft und zeichne eine mögliche Anordnung der Pfeile von $\vec{v}_A$, $\Delta\vec{v}$ und $\vec{v}_E$ ein.



5. Die Newtonsche Bewegungsgleichung

5.1. Gib Beispiele aus dem Alltag für die Aussagen der Newtonschen Bewegungsgleichung an.

Schwimmt man in einem Fluss von einem Ufer zum anderen, so erhält man eine Zusatzgeschwindigkeit.

Die Richtung, in die der Fluss fließt hat die gleiche Richtung wie die Zusatzgeschwindigkeit.

Je größer die Strömung des Flusses ist, desto größer ist die Ablenkung des Schwimmers.

Je breiter der zu überquerende Fluss ist, desto größer ist die Ablenkung des Schwimmers. Da die Zusatzgeschwindigkeit ist bei einem breiteren Fluss größer, da der Schwimmer viel mehr Zeit fürs Schwimmen benötigt.

Je größer die Masse eines Balles ist, desto weniger weit kann man ihn werfen, da das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit bei einem leichten Ball viel größer ist.

5.2. Diskutiere den Einfluss der Einwirkungsdauer auf die Zusatzgeschwindigkeit.

Je länger die Einwirkungsdauer desto größer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit.

5.3. Diskutiere den Einfluss der Masse auf die Zusatzgeschwindigkeit

Je größer die Masse desto kleiner ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit.

5.4. Erkläre, was eine Kraft ist, gib Beispiele aus dem Alltag an.

Eine Kraft ist etwas, was einem Körper eine Zusatzgeschwindigkeit gibt. Beispiele aus dem Alltag: U-Bahn bremsst, Bus in Kurvenfahrt, Fahrt im Aufzug, ... (vgl. Transkript Autor 2)

6. Anwendungen der Newtonschen Bewegungsgleichung

6.1. Eine Straßenbahn hält plötzlich an und Maja, die sich nicht festgehalten hat, fällt um. Erkläre warum!

Sobald die Straßenbahn bremst, erhält diese eine Zusatzgeschwindigkeit und kommt zum Stillstand.

Da sich Maja nicht festgehalten hat, erhält sie keine Einwirkung und somit auch keine Zusatzgeschwindigkeit und bewegt sich deshalb mit der Anfangsgeschwindigkeit weiter.

6.2. Eine Straßenbahn fährt an und Maja, die sich nicht festgehalten hat, fällt um. Maha behauptet, dass auf ihren Oberkörper eine große Kraft nach hinten gewirkt habe. Erkläre es richtig.

Maja erhält keine Zusatzgeschwindigkeit, da sie sich nicht festgehalten hat. Also verändert sich ihre Geschwindigkeit nicht. Da ihre Geschwindigkeit null ist und die Straßenbahn losfährt, fällt sie nach hinten.

6.3. In der Zeitung ist zu lesen: „Matthias K. war am Freitag Nacht mit hoher Geschwindigkeit von Strümpfelbach nach Tückelhausen unterwegs. In einer vereisten Rechtskurve flog sein Opel aus der Kurve und Matthias K. verletzte sich schwer.“ Nimm zu dieser Aussage Stellung und erkläre das Verhalten des Autos korrekt.

Matthias war mit hohem Tempo unterwegs. Da die Straße vereist war, konnte keine Reibungskraft auf die Reifen übertragen werden. Also behielt der Opel die Anfangsgeschwindigkeit bei und änderte seine Richtung nicht.

6.4. Wenn der Kopf eines Hammers locker ist, schlägt man den Hammer mit dem unteren Stielende fest auf den Boden, so dass der Hammersiel stark abgebremst wird. Warum sitzt der Hammerkopf danach wieder weiter unten fest auf dem Stiel?

Da der Kopf des Hammers locker ist, wird auf diesen erst eine Kraft ausgeübt, sobald dieser Spielraum überwunden ist.

7. Das Wechselwirkungsprinzip

7.1. Wie lautet das Wechselwirkungsprinzip? Gib an, mit welchen Versuchen man seine Gültigkeit untermauern kann.

WWP

Übt ein Körper 1 auf einen Körper 2 eine Kraft $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ aus, so übt Körper 2 auf Körper 1 eine gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete Kraft $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ aus. (rosa Kästchen, S. 24)

V1: 2 Personen auf Skateboards mit Seil in der Hand: Einmal zieht eine Person am Seil, einmal die Andere und einmal ziehen sich beide Personen am Seil heran.

V2: Ein Magnet- und ein Eisenstück gleicher Masse werden jeweils auf einem Wägelchen befestigt. Sie bewegen sich aufeinander zu, wenn man sie gleichzeitig loslässt.

7.2. Gib für die folgenden Situationen jeweils an, ob Kräfte wirken. Bestimme gegebenenfalls welche zwei Körper Kräfte aufeinander ausüben:

a) Ein Hundertmeterläufer startet aus dem Startblock.

Da der Läufer beim Starten eine Zusatzgeschwindigkeit erhält, wirken Kräfte:

Der Läufer übt eine Kraft auf den Startblock aus und der Startblock übt eine Kraft auf den Läufer aus.

b) Kemal fährt mit einem Ruderboot.

Da das Boot, wenn Kemal rudert, eine Zusatzgeschwindigkeit erhält, wirken Kräfte:

Das Ruder übt eine Kraft auf das Wasser aus und das Wasser übt eine Kraft auf das Ruder aus.

c) Ein Hubschrauber startet.

Da der Hubschrauber beim Abheben eine Zusatzgeschwindigkeit erhält, wirken Kräfte:

Der Propeller übt eine Kraft auf die Luft aus und die Luft übt eine Kraft auf den Propeller aus.

d) Ein Rennwagen startet.

Es wirken Kräfte, da der Rennwagen beim Anfahren eine Zusatzgeschwindigkeit erhält.

Die Reifen des Rennwagens üben eine Kraft auf die Rennbahn aus und die Rennbahn übt eine Kraft auf die Reifen des Rennwagens aus.

e) Ein Eisstock gleitet mit gleich bleibender Geschwindigkeit.

Da der Eisstock keine Zusatzgeschwindigkeit erhält, wirken keine Kräfte.

e) Ein Eisstock prallt gegen einen anderen Eisstock.

Es wirken Kräfte, da der Eisstock beim Aufprall auf einen anderen Eisstock eine Zusatzgeschwindigkeit erhält.

Eisstock 1 übt eine Kraft auf den Eisstock 2 aus und Eisstock 2 übt auf den Eisstock 1 eine Kraft aus.

f) Ein Basketball wird geprellt.

Da der Ball beim Prellen eine Zusatzgeschwindigkeit erhält, wirken Kräfte:

Der Basketball übt eine Kraft auf den Boden aus und der Boden übt eine Kraft auf den Basketball aus.

g) Eine Rakete hebt ab.

Da die Rakete beim Abheben eine Zusatzgeschwindigkeit erhält, wirken Kräfte:

Die Rakete übt eine Kraft auf die Luft um sie herum aus. Die Luft übt eine Kraft auf die Rakete aus.

h) Beim Boxen schlägt Joe Frazier seinem Gegner Muhammad Ali ins Gesicht.

Da die Hand bei dem Schlag ins Gesicht eine Zusatzgeschwindigkeit erhält, wirken Kräfte:

Die Faust übt eine Kraft auf das Gesicht aus und das Gesicht übt eine Kraft auf die Hand aus.

7.3. Begründe mit der Bewegungsgleichung und mit dem Wechselwirkungsprinzip, warum die Kräfte beim Versuch mit den Spielzeugautos (V1) gleich groß, aber entgegengesetzt gerichtet waren.

Da die Massen gleich sind erhalten die beiden Autos eine gleich große Zusatzgeschwindigkeit.

Da das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit beider Autos gleich ist aber die Richtungen der Zusatzgeschwindigkeiten beider Autos entgegengesetzt gerichtet sind, folgt dass die Kräfte gleich groß aber entgegengesetzt gerichtet sind.

7.4. Was passiert, wenn man aus einem kleinen Ruderboot heraus an Land springt? Begründe, warum bei deinem Kreuzfahrtschiff der Effekt praktisch nicht beobachtet wird.

Das Ruderboot wird in die entgegengesetzte Richtung des Sprunges gedrückt.

Da die Masse des Kreuzfahrtschiffes viel größer ist, erhält es bei gleicher Einwirkstärke eine geringere Zusatzgeschwindigkeit.

7.5. Stoßen ein Auto und ein Hase zusammen, sind die Kraft des Autos auf den Hasen und die Kraft des Hasen auf das Auto gleich groß. Warum ändert sich die Geschwindigkeit des Autos aber viel weniger als die Geschwindigkeit des Hasen?

Das Auto erhält aufgrund der größeren Masse bei gleicher Einwirkstärke eine viel geringere Zusatzgeschwindigkeit.

7.6. Jonathan stellt sich mit einer vollen Gießkanne auf sein Skateboard und lässt das Wasser hinter sich auf die Straße laufen, um so vorwärts zu kommen. Überlege ob das funktioniert.

Die Geschwindigkeit des Wassers ändert sich. Daher muss darauf eine Kraft wirken. Aufgrund des WWP übt daher auch das Wasser eine Kraft auf Jonathan aus.

8. Kraftarten

8.1. Diskutiere: Übt der Fußball, der auf den Boden fällt eine Kraft auf die Erde aus?

Ja, nach dem WWP übt nicht nur die Erde auf den Ball eine Kraft, sondern auch der Ball auf die Erde eine Kraft aus. Aufgrund der viel größeren Masse der Erde ist die Zusatzgeschwindigkeit viel geringer.

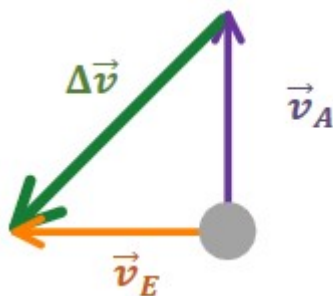
8.2. Auf einen vom Baum fallenden Apfel wirkt die Gravitationskraft. Erkläre anhand des Stroboskopbildes (Bild 8.1), dass der Apfel eine Zusatzgeschwindigkeit erhält.

Da der Apfel in gleichen Zeitintervallen immer größere Wegstrecken zurücklegt, kann man schließen, dass das Tempo zunimmt. Da sich die Geschwindigkeit des Apfels ändert, erhält dieser eine Zusatzgeschwindigkeit.

8.3. Diskutiere die Bewegung des Fußballs aus Bild 2.4 in Kapitel 2 mit Hilfe der Gravitationskraft

Ist der Ball in der Luft, so wirkt auf ihn die Gravitationskraft. Dadurch erhält der Ball eine nach unten gerichtete Zusatzgeschwindigkeit. Daraus folgt, dass die Bewegung links angefangen haben muss, da die Höhe nach dem Aufprall geringer ist.

8.4. Im Bild 8.2 ist die Bewegung des Mondes um die Erde dargestellt. Im Punkt 1 hat der Mond eine bestimmte Anfangsgeschwindigkeit und im Punkt 3 eine Endgeschwindigkeit. Konstruiere aus diesen beiden Geschwindigkeiten die Zusatzgeschwindigkeit, die der Mond durch die Erde zwischen Punkt 1 und Punkt 3 erhält.



8.5. Auf dem Mond und der Erde wird ein Weitsprungwettbewerb durchgeführt.

Wo wird man weiter springen?

Auf dem Mond. Während der Flugphase wirkt auf den Springer nur die Gravitationskraft und diese ist auf der Erde sechsmal so groß wie auf dem Mond.

8.6. Die Erde wird von einer großen Zahl von Satelliten umkreist. Warum entfernen sich diese nicht von der Erde?

Die Erde übt auf die Satelliten die Gravitationskraft aus. Dadurch erhalten diese eine Zusatzgeschwindigkeit in Richtung des Erdbodens.

8.7. Astronomen haben eine Reihe von Doppelsternen entdeckt. Doppelsterne bestehen aus zwei Sternen, die sich gegenseitig umkreisen. Warum entfernen sich Doppelsterne nicht voneinander?

Die Gravitationskraft der Sterne sorgt für eine Zusatzgeschwindigkeit.

8.8. Beschreibe, wie Reibungskräfte dazu führen, dass die geworfene Bocciakugel schließlich liegen bleibt.

Da die Bocciakugel den Boden berührt, wirken Reibungskräfte. Die Reibungskraft bewirkt eine Zusatzgeschwindigkeit die der Anfangsgeschwindigkeit entgegengerichtet ist. Dadurch wird die Bocciakugel immer langsamer.

8.9. Benutze die NBG um zu erklären, dass du mit dem Fahrrad irgendwann stehen bleibst, wenn du aufhörst zu treten.

In der NBG ist $\vec{F}_{Res} \cdot dt = m \cdot d\vec{v}$ ist $\vec{F}_{Res} = \vec{F}_{Reibung}$, wobei die Reibung entgegengerichtet zur Anfangsgeschwindigkeit ist. Dadurch ist die Pfeillänge der Endgeschwindigkeit kleiner als die Pfeillänge der Anfangsgeschwindigkeit. Also nimmt das Tempo ab.

(vgl. Wilhelm/Wiesner/Hopf/Rachel, 2013: 103)

8.10. Finde jeweils drei Beispiele, in denen Reibungskräfte beabsichtigte und unbeabsichtigte Effekte haben kann.

Beabsichtigt: Anfahren eines Autos/Fahrrades/Zuges, Laufen, Gehen

Unbeabsichtigt: Rollreibung bei Fahrzeugen, Luftreibung bei Fahrzeugen, Verrücken eines Möbelstückes

(vgl. Wilhelm/Wiesner/Hopf/Rachel, 2013: 104)

8.11. Erkläre mit der NBG, wieso man auf Glatteis so gut rutschen kann.

Da durch das Glatteis ist die Einwirkungsstärke der Reibungskraft sehr klein. Je kleiner die Einwirkungsstärke umso kleiner ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit. Dadurch verändert sich die Anfangsgeschwindigkeit nur wenig, man rutscht.

8.12. Kann die Gravitationskraft wie die magnetische Kraft oder die elektrische Kraft auch abstoßend wirken?

Nein, die Gravitationskraft wirkt nur anziehend.

8.13. Zeige mit zwei Stabmagneten auf Wägelchen das Wechselwirkungsprinzip

Aktivität für SchülerInnen

9. Wenn mehrere Kräfte wirken

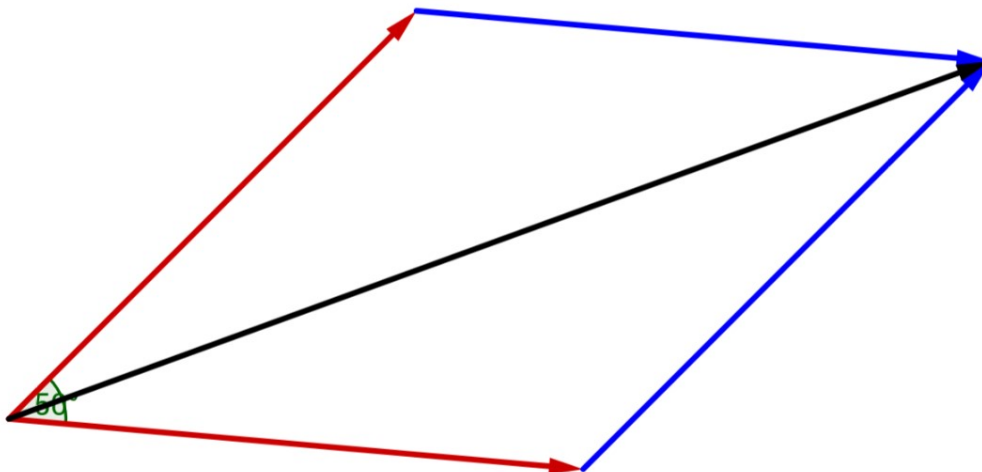
9.1. Diskutiere mit deinem Banknachbarn, welche Kräfte auf einen Skispringer wirken. Diskutiert auch, welchen Einfluss Wind aus unterschiedlichen Richtung auf die resultierende Kraft auf den Skispringer hat!

Sobald der Skispringer in der Luft ist wirkt auf ihn die Gravitationskraft und die Reibungskraft der Luft. Wind aus unterschiedlichen Richtungen kann sowohl die Stärke als auch die Richtung der resultierenden Kraft verändern.

9.2. Welche Kräfte wirken auf einen Tennisball im Moment des Abschlags? Welche Kraft ist im Moment des Abschlags am größten? Beschreibe die resultierende Kraft auf den Tennisball.

Die Gravitationskraft und die Kraft die vom Schläger auf den Ball ausgeübt wird. Die resultierende Kraft setzt sich aus diesen beiden Kräften zusammen.

9.3. Zwei Schlepper müssen einen Tanker ziehen (Bild 9.8). Beide ziehen mit gleich großer Kraft. Zeichne die Situation von oben gesehen in dein Heft. Der Winkel zwischen den Kraftpfeilen ist 50° . Konstruiere den resultierenden Kraftpfeil!



9.4. Erkläre deinem Banknachbar, warum dein Federmäppchen auf dem Schreibtisch keine Zusatzgeschwindigkeit erhält, obwohl doch die Gravitationskraft auf das Federmäppchen wirkt.

Da der Tisch auch eine Kraft auf das Federmäppchen ausübt. Diese Kraft ist im Kräftegleichgewicht mit der Gravitationskraft des Federmäppchens.

9.5. Erkläre warum der Tisch im Bild 9.5 ebenso wie die Schale im Gleichgewicht ist.

Da der Boden, auf dem der Tisch steht eine Kraft auf den Tisch ausübt. Diese ist im Kräftegleichgewicht mit der Gravitationskraft von Tisch und Schale. Die Schale ist im Gleichgewicht, da der Tisch eine Kraft auf sie ausübt, die mit der Gravitationskraft der Schale im Kräftegleichgewicht ist.

11.6 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird das Unterrichtskonzept „Einführung in die Mechanik“ anhand von geeigneten Randnotizen zum Handbuch für Lehrkräfte erweitert. Grundlage für den Inhalt der Randnotizen sind Erfahrungswerte von Lehrkräften, welche das Konzept im Unterricht bereits eingesetzt haben. Diese Randnotizen sollen die Lehrkräfte im Umgang mit dem Konzept bestmöglich unterstützen. Diese Erfahrungswerte werden durch Interviews mit den Lehrkräften eruiert.

Der erste Teil der Arbeit befasst sich mit dem Stand der Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten in der Mechanik, stellt verschiedenste Interviewformen vor und erläutert qualitative Forschungsmethoden beziehungsweise deren Ablauf.

Im zweiten Teil werden die Lehrkräfte und Autorenbefragungen gemäß der qualitativen inhaltsanalytischen Technik analysiert und ausgewertet. Ausgehend von den Ergebnissen dieser Analyse werden im letzten Teil geeignete Randnotizen für Lehrkräfte entworfen. Diese Randnotizen beinhalten Unterrichtstipps, Hinweise und Schülervorstellungen zu den jeweiligen Inhalten.

Abstract

The aim of this thesis is to design marginal notes to extend the concept of teaching “Einführung in die Mechanik” and create a corresponding teacher’s manual.

Central for the thesis are the interviews with teachers who are familiar with this concept of teaching. The surveys should give answers as to which kind of information is helpful and can support qualified teachers during their classes.

The first part of the thesis deals with the student misconceptions about mechanics and the problems of understanding mechanics. Furthermore, it introduces different types of interviews and explains the qualitative research methods and their implementation.

The second part analyses the interviews with teachers and authors in terms of content and structure. Subsequently, this evaluation is used to develop marginal notes that can be adopted by teachers in the classroom.