

Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für  
das Lehramt an Grundschulen im Fach Sachunterricht, eingereicht bei  
der Hessischen Lehrkräfteakademie, Prüfungsstelle Frankfurt

**Entwicklung einer Unterrichtseinheit für den  
Sachunterricht zum Thema „Bewegung und Kraft“**

Verfasserin: Lea Gauer

Erstgutachter: Prof. Dr. Thomas Wilhelm

I.	<u>Inhaltsverzeichnis</u>	
II.	Abbildungsverzeichnis .....	III
III.	Tabellenverzeichnis .....	IV
IV.	Abkürzungsverzeichnis .....	V
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>„Bewegung und Kraft“ im Sachunterricht</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Einordnung im hessischen Kerncurriculum</b> .....	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>Warum „Bewegung und Kraft“ im Sachunterricht?</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3</b>	<b>Sachanalyse</b> .....	<b>6</b>
<b>2.4</b>	<b>Schülervorstellungen</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Unterrichtskonzepte zu „Bewegung und Kraft“</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Traditioneller Physikunterricht</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Neuere Unterrichtskonzepte</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Das Konzept von Jung</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Weiterentwicklung von Jungs Konzept</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3</b>	<b>Empirische Ergebnisse</b> .....	<b>18</b>
<b>3.4</b>	<b>Fazit der Unterrichtskonzepte</b> .....	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>Entwicklung einer Unterrichtseinheit zu „Bewegung und Kraft“</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Aufbau der Unterrichtseinheit</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Einheit 1: Das Tempo</b> .....	<b>23</b>
<b>4.1.1.1</b>	<b>Aufbau der Einheit</b> .....	<b>23</b>
<b>4.1.1.2</b>	<b>Didaktisch-methodische Überlegungen</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Einheit 2: Die Geschwindigkeit</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.2.1</b>	<b>Aufbau der Einheit</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1.2.2</b>	<b>Didaktisch-methodische Überlegungen</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Einheit 3: Die Zusatzgeschwindigkeit</b> .....	<b>39</b>
<b>4.1.3.1</b>	<b>Aufbau der Einheit</b> .....	<b>39</b>
<b>4.1.3.2</b>	<b>Didaktisch-methodische Überlegungen</b> .....	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Reflexion der Unterrichtseinheit</b> .....	<b>47</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Einheit 1: Das Tempo</b> .....	<b>48</b>
<b>4.2.1.1</b>	<b>Unterrichtsstunde 1</b> .....	<b>48</b>
<b>4.2.1.2</b>	<b>Unterrichtsstunde 2</b> .....	<b>53</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Einheit 2: Die Geschwindigkeit</b> .....	<b>60</b>
<b>4.2.2.1</b>	<b>Unterrichtsstunde 3</b> .....	<b>60</b>

4.2.2.2	Unterrichtsstunde 4 .....	63
4.2.3	Einheit 3: Die Zusatzgeschwindigkeit.....	66
4.2.3.1	Unterrichtsstunde 5 .....	66
4.2.3.2	Unterrichtsstunde 6 .....	72
4.2.4	Test zur Unterrichtseinheit.....	74
5	Fazit .....	79
V.	Literaturverzeichnis .....	VI
VI.	Anhangsverzeichnis.....	X
VII.	Eidesstattliche Erklärung.....	LIX

## II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bewegungsformen.....	6
Abbildung 2: Geschwindigkeitspfeile .....	7
Abbildung 3: Unterrichtskonzept "Bewegung und Kraft" .....	22
Abbildung 4: "Wägen auf gleichem Weg in unterschiedlicher Zeit" .....	30
Abbildung 5: "Wägen auf unterschiedlichen Wegen in gleicher Zeit" .....	30
Abbildung 6: Tafelbild Geschwindigkeit .....	36
Abbildung 7: Experiment "Air-Fußball" .....	44
Abbildung 8: Lösungen AB 1.1 .....	48
Abbildung 9: AB 1.32 Lösung der SuS.....	50
Abbildung 10: Tempoanzeige.....	54
Abbildung 11:Lösungen AB 1.31 Nr. 1a) .....	57
Abbildung 12: Lösungen AB 1.32 Nr. 1b) .....	58
Abbildung 13:Lösungen AB 1.32 Nr. 1c) .....	59
Abbildung 14: Tafelbild Tempo 1 .....	61
Abbildung 15: Tafelbild Tempo 2 .....	61
Abbildung 16: Tafelbild Tempo 3 .....	61
Abbildung 17: AB 4.11 SuS Lösung 1 .....	67
Abbildung 18: AB 4.11 SuS Lösung 2 .....	67
Abbildung 19: AB 4.11 SuS Lösung 3 .....	67
Abbildung 20: AB 4.12 SuS Lösung Beispiel 1 .....	70
Abbildung 21: AB 4.12 SuS Lösung Beispiel 2 .....	70
Abbildung 22: AB 4.12 SuS Lösung Beispiel 3 .....	71
Abbildung 23: Grafik Geschwindigkeit.....	75
Abbildung 24: Lösungen AB 5.11 Nr. 3.....	75
Abbildung 25: Lösungen AB 5.12 Nr. 4.....	76
Abbildung 26: Lösungen AB 5.12 Nr. 5.....	77
Abbildung 27: AB 5.13 Nr. 7a) SuS Lösung Beispiel.....	78

### III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 1 .....	24
Tabelle 2: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 2 .....	26
Tabelle 3: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 3 .....	33
Tabelle 4: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 4 .....	34
Tabelle 5: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 5 .....	40
Tabelle 6: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 6 .....	41

#### IV. Abkürzungsverzeichnis

AB	Arbeitsblatt
Abb.	Abbildung
DAZ	Deutsch als Zweitsprache
GDSU	Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts
o. D.	ohne Datum
o. S.	ohne Seite
S.	Seite
SuS	Schülerinnen und Schüler
vgl.	Vergleich
ZA	Zusatzaufgabe

## **1 Einleitung**

Nicht nur in der Physik, auch im Alltag sind Bewegungen von zentraler Bedeutung. Beim Laufen zur Schule, beim Schießen des Fußballs oder beim Fahrradfahren. Doch gerade „Bewegung und Kraft“ ist eines der schwierigsten Themen des Physikunterrichts (Seiter et al., 2020, S. 271). Vor allem das Thema „Bewegung und Kraft“ beinhaltet einige Lernschwierigkeiten (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 65). Aus den Alltagserfahrungen entwickeln die Schülerinnen und Schüler stabile Konzepte, die auch nach dem Unterricht vorherrschend sind (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 64). Studien zeigen, dass es nach dem traditionellen Physikunterricht nicht gelingt, die zentralen Ideen der Mechanik zu erwerben (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 90).

In den 1970er Jahren hat Jung ein Konzept zur Mechanik entwickelt, mit dem Schülerinnen und Schüler der Grundschule die Grundlagen der Mechanik erwerben können (Jung et al., 1977, S. 7). Jungs Studien zeigen, dass das Konzept große Lernerfolge hat (Jung et al., 1977, S. 36). Dennoch wurde es in der Grundschule nicht eingesetzt. Das Konzept von Jung wurde ab 1985 unter Leitung von Wiesner und ab 2007 von Hopf, Wilhelm und Wiesner für die Sekundarstufe weiterentwickelt (Wilhelm, 2021, S. 61). Das Ziel ist ein Unterrichtskonzept zu entwickeln, mit dem der Erwerb der grundlegenden Ideen der Mechanik vermittelt werden kann (Wilhelm, 2021, S. 62). Zentral ist die Einführung eines mehrdimensionalen Geschwindigkeitsbegriffs (Wilhelm, 2021, S. 63). Zudem wird anstelle des Begriffs Beschleunigung die Zusatzgeschwindigkeit eingeführt (Wilhelm, 2021, S. 63). Außerdem wird der Begriff Kraft in der Dynamik eingeführt (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 85). Damit stellen die Konzepte einen neuen Zugang zur Mechanik dar. Aufgrund der hohen Lerneffekte wurde das zweidimensionale Konzept in einigen Bundesländern in der Sekundarstufe I verpflichtend eingesetzt. Daraus stellt sich die Frage, ob auch in der Grundschule ein Konzept entwickelt werden kann, mit dem die Grundlagen der Mechanik erworben werden können.

Das Ziel der Arbeit ist, auf Grundlage des Konzepts von Jung für die Grundschule und dem Konzept von Wiesner, Wilhelm und Hopf für die Sekundarstufe eine Unterrichtseinheit zu „Bewegung und Kraft“ für den Sachunterricht in der Grundschule zu entwickeln, die die vielfältigen Erkenntnisse zu Schülervorstellungen und dem Mechanikunterricht nutzt, um einen geeigneten Anknüpfungspunkt für den Erwerb der Grundlagen der Mechanik zu entwickeln.

Die Arbeit ist in einen theoretischen Teil und einen praktischen Teil gegliedert. Im theoretischen Teil liegt der Schwerpunkt auf der Einordnung von „Bewegung und Kraft“ im Sachunterricht und der Darstellung vorhandener Unterrichtskonzepte. Im praktischen Teil wird die Entwicklung und Durchführung eines selbstentwickelten Unterrichtskonzepts zu „Bewegung und Kraft“ in der Grundschule dargestellt und reflektiert.

Die Arbeit beginnt mit der Einordnung von „Bewegung und Kraft“ im Sachunterricht. Dazu wird das Thema im hessischen Kerncurriculum eingeordnet. Daran anknüpfend wird auf die Bedeutung von „Bewegung und Kraft“ im Sachunterricht eingegangen. In der Sachanalyse wird der fachliche Inhalt dargestellt. Anschließend werden die Schülervorstellungen zu „Bewegung und Kraft“ beschrieben, die eine Grundlage für die Erstellung der Unterrichtseinheit bilden. Im dritten Kapitel wird ein umfassender Überblick über unterschiedliche Konzepte zu „Bewegung und Kraft“ im Physikunterricht gegeben. Hier wird zwischen dem traditionellen Physikunterricht und neueren Unterrichtskonzepten unterschieden. Die Grundlage bildet das Mechanikkonzept von Jung. Anschließend wird auf die Weiterentwicklung des Mechanikkonzepts von Wiesner, Wilhelm und Hopf eingegangen. Daran schließt das Kapitel 4 zur Entwicklung und Durchführung einer selbstentwickelten Unterrichtseinheit zu „Bewegung und Kraft“ für die Grundschule an. Dazu werden zu jeder Unterrichtseinheit zunächst der Aufbau und die didaktisch-methodischen Überlegungen dargestellt. Anschließend werden die Unterrichtserfahrungen des Konzepts reflektiert. In diesem Zusammenhang wird auf Stärken und Schwächen des Unterrichtskonzepts eingegangen. Auf dieser Grundlage werden Verbesserungsvorschläge herausgearbeitet. Die Arbeit schließt mit einem Fazit ab, in dem die zentralen Erkenntnisse zur Entwicklung einer Unterrichtseinheit zu „Bewegung und Kraft“ im Sachunterricht in der Grundschule dargestellt werden.

## **2 „Bewegung und Kraft“ im Sachunterricht**

### **2.1 Einordnung im hessischen Kerncurriculum**

Das hessische Kerncurriculum stellt eine verbindliche Grundlage für den Unterricht in Hessen dar (Hessisches Kerncurriculum, 2011, S. 5). Im hessischen Kerncurriculum werden keine inhaltlichen Schwerpunkte im Fach Sachunterricht vorgegeben

(Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 9). Das Ziel ist es, die angestrebten Kompetenzen „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ zu fördern, um sich die „natürliche, soziale und technische Lebenswelt zu erschließen“ (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 11). Den Rahmen bilden fünf Inhaltsbereiche. Dies sind: „Gesellschaft und Politik“, „Natur“, „Raum“, „Technik“ und „Geschichte und Zeit“ (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 15).

Das Thema „Bewegung und Kraft“ kann dem Inhaltsfeld „Natur“ zugeordnet werden. Dies umfasst das Erschließen physikalischer Zusammenhänge (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 19). Ziel ist eine „[...] strukturierte und vor allem handelnde und reflektierte Auseinandersetzung mit belebter und unbelebter Natur“ (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 19). Im Besonderen beim Thema „Bewegung und Kraft“ geht es darum, physikalische Grundlagen aufzubauen, die anschlussfähig für den naturwissenschaftlichen Fachunterricht sind. Dazu werden unterschiedliche Bewegungen betrachtet und physikalisch beschrieben. Zudem fördert die Unterrichtseinheit „das Erkennen und Nutzen von Regelmäßigkeiten in den Naturwissenschaften“ (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 19). Ein zentraler Inhalt ist das Beschreiben von Bewegungen in Bezug auf Tempo, Geschwindigkeit und Kraft. Die Schülerinnen und Schüler betrachten Bewegungen und sammeln Erkenntnisse, die auf physikalische Grundlagen zurückgeführt werden. Ebenso werden mit dem Thema „Bewegung und Kraft“ naturwissenschaftliche Verfahren eingeübt, was ebenso mit dem Inhaltsbereich „Natur“ gefördert werden soll (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 19). Dazu werden unterschiedliche Experimente, wie zum Beispiel der senkrechte Stoß, durchgeführt, durch die zentrale Erkenntnisse gewonnen werden können.

Außerdem stellt das hessische Kerncurriculum den Anspruch, die Konzepte der Schülerinnen und Schüler zu beachten und weiterzuentwickeln (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 11). Hierbei wird gezielt an den Schülervorstellungen angesetzt (Vgl. Kapitel 4.2). Ein wesentliches Merkmal des Sachunterrichts stellt nach dem hessischen Kerncurriculum das selbstständige Handeln der Schülerinnen und Schüler dar (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 11). Dazu ist im Besonderen das Thema „Bewegung und Kraft“ geeignet. An anschaulichen Beispielen und Experimenten können die Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Handlungsweisen lernen sowie anschlussfähige Konzepte aufbauen. Dies wird ausführlich in Kapitel 4 beschrieben.

Des Weiteren stellt das hessische Kerncurriculum an den Sachunterricht den Anspruch, Inhalte an der Lebenswelt, den Bedürfnissen und den Interessen der Schülerinnen und Schüler auszurichten (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 11). Das Thema „Bewegung und Kraft“ beinhaltet eine Vielzahl an Möglichkeiten, die Interessen zu berücksichtigen. An unterschiedlichen Bewegungen, die an die individuellen Interessen angepasst werden können, können physikalische Grundlagen aufgebaut werden. Dies sind zum Beispiel „Fußball“ oder „Wettrennen“. Im Alltag treffen die Schülerinnen und Schüler auf unzählige Bewegungen und führen selbstständig Bewegungen durch. Insofern lässt sich das Thema „Bewegung und Kraft“ dem hessischen Kerncurriculum zuordnen.

## **2.2 Warum „Bewegung und Kraft“ im Sachunterricht?**

Bereits im vorangegangenen Kapitel wurde deutlich, dass das Thema „Bewegung und Kraft“ von besonderer Bedeutung im hessischen Kerncurriculum ist. Das Ziel des Sachunterrichts ist es, Lerngelegenheiten zu schaffen, die eine Ausbildung der Kompetenzen ermöglichen (Möller, 2016, S. 25). Ein geeigneter Lerngegenstand orientiert sich an der Bedeutsamkeit (Möller, 2016, S. 27). Dies umfasst einen Gegenwarts- und Zukunftsbezug (Möller, 2016, S. 27). Bewegungen sind ein zentraler Bestandteil der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler. Dies enthält vielfältige Alltagshandlungen, wie das Laufen zur Schule oder das Fahren mit dem Fahrrad. Hierbei machen die Schülerinnen und Schüler, wenn auch unbewusst, die Erfahrung, dass Bewegungen ein wesentlicher Bestandteil im Alltag sind. Der Sachunterricht bietet geeignete Lerngelegenheiten, durch die die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen erweitern und reflektieren können (GDSU, 2013, S. 10). Da Grundschülerinnen und Grundschüler tendenziell interessiert an naturwissenschaftlichen Themen sind, kann gezielt an den Interessen angeknüpft werden (GDSU, 2013, S. 38). Hierbei können zum Beispiel die Interessen „Fußball“ aufgegriffen werden.

Eine weitere Aufgabe des Sachunterrichts ist die Zugänglichkeit (Möller, 2016, S. 27). Dazu wird an die Lernmöglichkeiten der Schülerinnen und Schüler angeknüpft (Möller, 2016, S. 27). Die Schülerinnen und Schüler haben bereits Erfahrungen und Vorkenntnisse zu naturwissenschaftlichen Themen, die jedoch weitgehend fachfremd sind (GDSU, 2013, S. 37). Der Sachunterricht zeichnet sich dadurch aus, dass er die Denkmuster der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt (GDSU, 2013,

S. 10). Vor allem zum Thema „Bewegung und Kraft“ gibt es einige Fehlvorstellungen (siehe Kapitel 2.4). Die newtonsche Mechanik ist eines der schwierigsten Inhalte des Physikunterrichts der Sekundarstufe (Seiter et al., 2020, S. 271). Schülerinnen und Schüler haben im Besonderen zum Kraftbegriff Lernschwierigkeiten (Seiter et al., 2020, S. 271). Nach Seiter, Krabbe und Wilhelm (2020, S. 271) resultiert dies vor allem aus den Konzepten der Schülerinnen und Schüler, die auf Grundlage von Alltagserfahrungen basieren. Durch die Einführung der Kinematik und Dynamik in der Grundschule sollen Grundlagen für korrekte physikalische Konzepte entwickelt werden. Damit soll anschlussfähiges Wissen vermittelt werden, an das der Fachunterricht anknüpfen kann (GDSU, 2013, S. 10). Die Ausbildung anschlussfähiger Begriffe ist vor allem in der Mechanik von Bedeutung, da mit einem eingeschränkten Begriff von Geschwindigkeit auch der Begriff Geschwindigkeitsänderung nicht korrekt erworben werden kann (Jung et al., 1977, S. 9).

Zudem soll der Sachunterricht Schülerinnen und Schüler dazu befähigen, die Beziehung zwischen Mensch und Natur zu erschließen (GDSU, 2013, S. 38). Dies umfasst das Erkennen und Verstehen von Phänomenen der Natur, das Aneignen von Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen, das Erkennen der Bedeutung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und die Bewertung des Lernens (GDSU, 2013, S. 38). Durch das Thema „Bewegung und Kraft“ können die Schülerinnen und Schüler Phänomene wie die Einwirkung einer Kraft auf die Bewegung eines Körpers und die Änderung der Geschwindigkeit erläutert.

Dazu leistet das Thema „Bewegung und Kraft“ einen Beitrag zur Sprachbildung (GDSU, 2013, S. 11). Zum einen ist Sprache ein wichtiges Werkzeug zur Argumentation und zum anderen entwickelt sich die Sprache im sachunterrichtlichen Lernen (GDSU, 2013, S. 11). Im Besonderen bei der Kinematik und Dynamik ist es von Bedeutung, zwischen Alltagssprache und Fachsprache zu differenzieren, da es vor allem zu den Begriffen Geschwindigkeit und Kraft Fehlkonzepte gibt (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 65). Vor allem der Begriff „Geschwindigkeit“ unterscheidet sich alltagssprachlich und fachsprachlich (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 65). Alltagssprachlich wird dieser mit dem Begriff „Tempo“ gleichgesetzt, obwohl Geschwindigkeit physikalisch eine zweidimensionale Größe ist, die sich aus Betrag und Richtung zusammensetzt (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 65). Daher ist es

wichtig, bereits in der Grundschule das Thema „Bewegung und Kraft“ durchzuführen. Dadurch lernen die Schülerinnen und Schüler, Zusammenhänge angemessen sprachlich darzustellen (GDSU, 2013, S. 11).

Zudem ist das im Sachunterricht erworbene Wissen und Können eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiches Lernen in Physik (GDSU, 2013, S. 38). Daher ist das Thema „Bewegung und Kraft“ für den Aufbau von anschlussfähigen Grundlagen für den Fachunterricht von Bedeutung (vgl. GDSU, 2013, S. 10).

### 2.3 Sachanalyse

Das Thema „Bewegung und Kraft“ ist in der Physik der Kinematik und Dynamik zuzuordnen. Die Kinematik und Dynamik sind Teil der klassischen Mechanik (Wilhelm, 2021, S. 52).

Die Kinematik beschreibt die Bewegung eines Körpers und umfasst die Größen Zeit, Ort, Geschwindigkeit und Beschleunigung (Wilhelm, 2021, S. 52). In der Kinematik geht es darum, wie sich ein Körper bewegt, warum sich ein Körper bewegt und warum ein Körper seine Bewegung verändert (Wilhelm, 2021, S. 52). Die Dynamik beschreibt hingegen die Wirkung von Kräften auf bewegte Körper (Wilhelm, 2021, S. 52).

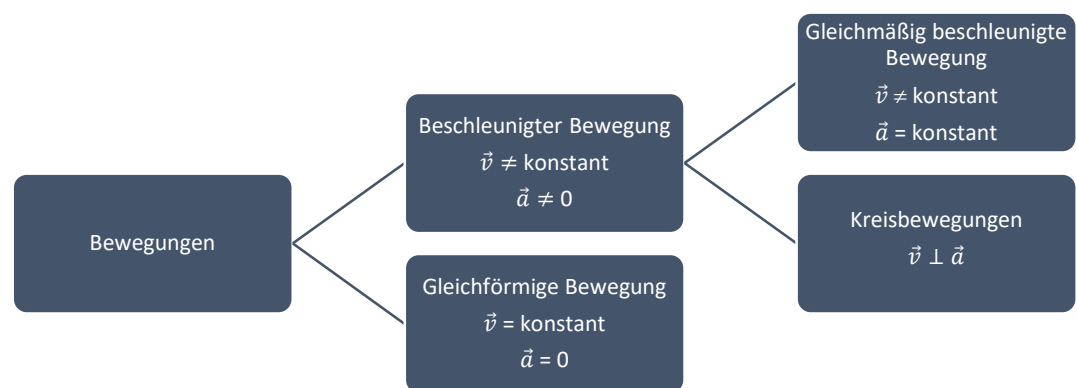


Abbildung 1: Bewegungsformen

Quelle: In Anlehnung an Wilhelm, 2021, S. 53

In der Kinematik werden 3 Bewegungsarten unterschieden (Wilhelm, 2021, S. 52). Die gleichförmige Bewegung, die gleichmäßig beschleunigte Bewegung und die Kreisbewegung (vgl. Abb. 1). Eine Bewegung ist gleichförmig, wenn sich ein Körper mit konstanter Geschwindigkeit bewegt (vgl. Abb. 1). Eine beschleunigte Bewegung liegt vor, wenn sich ein Körper nicht mit konstanter Geschwindigkeit  $\vec{v}$

und einer Beschleunigung  $\vec{a} \neq 0$  bewegt (vgl. Abb. 1). Zusätzlich kann unterschieden werden zwischen der gleichmäßig beschleunigten Bewegung, bei der die Beschleunigung  $\vec{a}$  konstant ist und der Kreisbewegung, bei der  $\vec{v}$  und  $\vec{a}$  senkrecht zueinander stehen.

Zur Beschreibung einer Bewegung eines Körpers muss angegeben werden, zu welcher Zeit sich ein Objekt an welchem Ort befindet (Wiesner et al., 2016, S. 8). Dazu wird ein Bezugssystem verwendet, indem der Ort eines Körpers als Punkt oder Bahnkurve angegeben wird (Wilhelm, 2021, S. 52).

Zentrale Begriffe der Kinematik und Dynamik sind Tempo, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kraft. Das Tempo gibt den Betrag an, wie schnell sich ein Objekt bewegt (Wilhelm et al., 2013, S. 11). Das Tempo wird definiert als  $\vec{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  (Wiesner et al., 2016, S. 28). Dementsprechend gibt das Tempo die zurückgelegte Strecke pro Zeit an (Wiesner et al., 2016, S. 28).

Ebenso von Bedeutung zur Beschreibung von Bewegungen ist der Begriff „Geschwindigkeit“. Die Geschwindigkeit ist eine gerichtete Größe und wird durch einen Geschwindigkeitspfeil dargestellt (Wiesner et al., 2016, S. 29). Ein langer Pfeil stellt ein hohes Tempo und ein kurzer Pfeil ein niedriges Tempo dar (vgl. Wiesner et al., 2016, S. 29). Nach Abbildung 2 gilt  $\vec{v}_2 > \vec{v}_1$ .

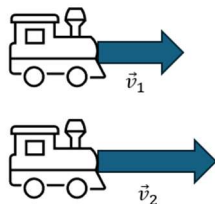


Abbildung 2: Geschwindigkeitspfeile

Quelle: Eigene Darstellung

In der Regel wird mit Geschwindigkeit die Momentangeschwindigkeit bezeichnet (Wiesner et al., 2016, S. 9). Die Geschwindigkeit gibt an, mit welchem Tempo und welcher Richtung, sich ein Objekt bewegt (Wilhelm et al., 2013, S. 11). Der Betrag der Geschwindigkeit gibt an, mit welchem Tempo sich ein Objekt bewegt (Wiesner et al., 2016, S. 9). Die Richtung der Geschwindigkeit gibt die momentane Bewegungsrichtung an (Wiesner et al., 2016, S. 9).

Mit der Beschleunigung  $\vec{a}$  wird in der Regel die Momentanbeschleunigung bezeichnet (Wiesner et al., 2016, S. 9). Eine Bewegung wird schneller, wenn  $\vec{v}$  und  $\vec{a}$  in

die gleiche Richtung zeigen und langsamer, wenn  $\vec{v}$  und  $\vec{a}$  entgegengesetzt sind (Wiesner et al., 2016, S. 10).

Die Zusatzgeschwindigkeit gibt an, wie sich die Geschwindigkeit eines Körpers innerhalb eines Zeitintervalls  $\Delta t$  von  $\vec{v}_A$  zu  $\vec{v}_E$  ändert und beschreibt, was an Geschwindigkeit hinzukommt:  $\vec{v}_A + \Delta\vec{v} = \vec{v}_E$  (Wiesner et al., 2016, S. 9). Aus der Anfangsgeschwindigkeit  $\vec{v}_A$  und der Zusatzgeschwindigkeit  $\Delta v$  kann die Endgeschwindigkeit  $\vec{v}_E$  konstruiert werden (Wilhelm, 2021, S. 64).

Eine Bewegung entsteht, wenn eine Kraft auf einen Körper wirkt (Osterhage, 2018, S. 16). Der Begriff Kraft basiert auf den newtonschen Axiomen (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 82). Das zweite newtonsche Axiom wird als Definition der Kraft bezeichnet (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 82). Dies gibt die Geschwindigkeitsänderung  $\Delta\vec{v}$  eines Körpers der Masse  $m$  durch eine Kraft  $\vec{F}$  im Zeitintervall  $\Delta t$  an (Wiesner et al., 2016, S. 10). Die Gleichung  $\sum\vec{F} = \frac{d}{dt}(m \cdot v)$  beschreibt, dass bei konstanter Masse die zeitliche Änderung des Impulses eines Körpers sich aus der Summe des auf ihn wirkenden Kräften ergibt (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 82). Das erste newtonsche Axiom besagt: „Jeder Körper behält seine Geschwindigkeit (Betrag und Richtung) bei, wenn die Summe aller von außen an ihm angreifenden Kräfte null ist.“ (Wiesner et al., 2016, S. 11). Das dritte newtonsche Axiom ist das Wechselwirkungsgesetz (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 82). Dies besagt: „Wenn ein Körper 1 auf einen Körper 2 mit der Kraft  $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$  wirkt, so wirkt gleichzeitig der Körper 2 auf den Körper 1 mit einer Kraft  $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ , die den gleichen Betrag aber die entgegengesetzte Richtung hat.“ (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 82f). Aus den newtonschen Gesetzen folgt, dass, wenn man die Kraft und die Bewegung zu einem bestimmten Zeitpunkt kennt, der Verlauf der Bewegung vorhergesagt werden kann (Wiesner et al., 2016, S. 10).

## 2.4 Schülervorstellungen

Lernprozesse werden von Schülervorstellungen beeinflusst, weshalb es bei der Planung von Sachunterricht wichtig ist, die Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen (Wiesner et al., 2016, S. 17). Allerdings können Schülervorstellungen widerstandsfähig gegenüber neuen Konzepten sein, sodass die Konzepte nicht nur aufgebaut, sondern umkonstruiert werden (Möller, 2018, S. 43).

Daher ist es von Bedeutung, Lernmöglichkeiten zu gestalten, die eine Erweiterung der Konzepte ermöglichen.

Eine der zentralen Schülervorstellungen zur Kinematik ist: „Geschwindigkeit ist Schnelligkeit“ (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 65). Hierbei werden Geschwindigkeit und Tempo gleichgesetzt. Im Alltag beschreibt Geschwindigkeit überwiegend, wie schnell oder langsam sich etwas bewegt, sodass die Schülerinnen und Schüler nur den Betrag der Geschwindigkeit betrachten (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 65). Dazu trägt unter anderem die Betrachtung eindimensionaler Bewegungen bei (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 65). Die ausschließliche Betrachtung eindimensionaler Bewegungen führt dazu, dass Schülerinnen und Schüler eine gleichförmige Rotationsbewegung nicht einer beschleunigten Bewegung zuordnen (Wiesner et al., 2016, S. 16). Demnach sollte Geschwindigkeit im Physikunterricht nicht als eindimensionale, sondern als zweidimensionale Größe eingeführt werden (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 66).

Eine weitere Schülervorstellung ist „Richtung als Bewegungsziel“, bei der Schülerinnen und Schüler die Richtung als Ziel der Bewegung beschrieben (Wiesner et al., 2016, S. 16).

Zudem gibt es zum Begriff „Beschleunigung“ unterschiedliche Fehlvorstellungen. Eine zentrale Schülervorstellung ist: „Große Beschleunigung heißt hohes Tempo“ (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 66). Im Besonderen Aussagen wie „er beschleunigt auf“ vermitteln, dass Beschleunigung eine Erhöhung des Tempos bezeichnet, wodurch Bremsvorgänge nicht als beschleunigte Bewegungen betrachtet werden (Wiesner et al., 2016, S. 16). Dementsprechend wird eine hohe Beschleunigung als hohe Endgeschwindigkeit und nicht als hohe Geschwindigkeitsänderung interpretiert (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 66). Zudem kann durch das Verwenden des Beschleunigungsbegriffs als Geschwindigkeitsbegriff nicht zwischen gleichförmiger und gleichmäßig beschleunigter Bewegung unterschieden werden (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 66).

Ebenso ist eine Schülervorstellung: „Beschleunigung ist Schnellerwerden“ (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 66). Hierbei wird die Beschleunigung als Änderung der Geschwindigkeit verstanden. Dementsprechend wird eine langsamer werdende Bewegung nicht als Beschleunigung erkannt (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 66).

Eine weitere Schülervorstellung ist „Beschleunigung ist Tempoänderung“ (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 66). Demnach werden beschleunigte Bewegungen mit

einer Änderung der Geschwindigkeit verbunden (Wiesner et al., 2016, S. 16). Dabei gibt die Beschleunigung an, wie stark sich das Tempo verändert (Wiesner et al., 2016, S. 16). Daher werden langsamer werdende Bewegungen der Beschleunigung zugeordnet, Rotationsbewegungen jedoch nicht (Wiesner et al., 2016, S. 16). Die Richtung wird nicht berücksichtigt (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 66).

Zudem haben die Schülerinnen und Schüler die Vorstellung, dass die Beschleunigung Anfangsgeschwindigkeit und Endgeschwindigkeit vergleicht (Wilhelm & Gemici, 2017, S. 153). Daher werden Zeitpunkten keine Beschleunigung zugeordnet (Wilhelm & Gemici, 2017, S. 153). Dementsprechend wird eine Momentaufnahme nicht als Beschleunigung bezeichnet, da die Beschleunigung Zeit benötigt (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 67). Damit geht die Schülervorstellung einher, dass für einen Zeitpunkt keine Geschwindigkeit bestimmt werden kann (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 67).

Zur Entwicklung eines kinematischen und dynamischen Konzepts ist der Begriff Kraft von Bedeutung (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 82). Zum Begriff Kraft gibt es viele unterschiedliche Schülervorstellungen (Wiesner et al., 2016, S. 16). Kraft wird vor allem als Eigenschaft oder Fähigkeit bezeichnet, die aktiviert werden kann, als Sache bezeichnet oder als Impuls beschrieben, der übertragen werden kann (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 70). Die Bedeutung unterscheidet sich nach dem Kontext (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 70).

Eine zentrale Schülervorstellung ist: „Ein bewegter Körper hat Kraft“, wobei das Tempo an die Kraft geknüpft wird (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 72). Nach dieser Vorstellung, hat ein bewegter Körper Kraft gespeichert (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 72). Hierbei wird Kraft als kinetische Energie beschrieben, die ein Körper besitzt (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 72). Dadurch entsteht die Vorstellung: „Je mehr Kraft ein sich bewegender Körper hat, desto höher ist das Tempo“ (Wiesner et al., 2016, S. 16). Umgekehrt hat ein sich langsamer bewegender Körper weniger Kraft (Wiesner et al., 2016, S. 16). Zudem wird Kraft an die Masse geknüpft, wonach eine hohe Masse mit einer hohen Kraft verknüpft wird (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 73). Außerdem ist eine Schülervorstellung, dass ohne Kraft keine Bewegung stattfindet (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 73).

Eine weitere Schülervorstellung ist, dass Bewegungen beibehalten werden (Wiesner et al., 2016, S. 16). Bewegungen werden ganzheitlich betrachtet, wobei zum

Beispiel ein sich rotierender Körper ohne Führung nicht tangential, sondern spiralförmig bewegt, was mit der Vorstellung einhergeht, dass ein Körper Kraft gespeichert hat (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 69). Zudem ist eine zentrale Schülervorstellung, dass Kräfte in Bewegungsrichtung wirken (Wiesner et al., 2016, S. 16). In die Richtung, in die sich die Kraft bewegt, bewegt sich der Körper (Wiesner et al., 2016, S. 16).

### **3 Unterrichtskonzepte zu „Bewegung und Kraft“**

#### **3.1 Traditioneller Physikunterricht**

Im traditionellen Physikunterricht wird zunächst in der Sekundarstufe I die Statik und anschließend in der Sekundarstufe II die Kinematik und Dynamik eingeführt (Wilhelm, 2021, S. 56).

Ein zentraler Unterschied zwischen neuen Mechanikkonzepten und dem traditionellen Physikunterricht ist, dass sich der traditionelle Physikunterricht auf geradlinige Bewegungen beschränkt (Wilhelm, 2021, S. 56). Zudem werden kinematische Größen an eindimensionalen Größen eingeführt werden (Wilhelm, 2021, S. 56). Zum Beispiel wird Geschwindigkeit als eindimensionale Größe eingeführt, wodurch keine vektorielle Betrachtung möglich ist (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 84). Die zweidimensionale Bewegung wird später anhand der Kreisbewegung eingeführt (Wilhelm, 2021, S. 56). Dazu werden mehrdimensionale Bewegungen so angepasst, dass sie auf eindimensionale Bewegungen übertragen werden können (Wilhelm, 2021, S. 57). Dementsprechend wird die Beschleunigung an geradlinigen Bewegungen eingeführt (Seiter et al., 2020, S. 276). Hierbei kann erkannt werden, dass Bewegungen schneller werden, bei denen Geschwindigkeit und Beschleunigung das gleiche Vorzeichen haben und langsamer werden, bei denen Geschwindigkeit und Beschleunigung ungleiche Vorzeichen haben (Wilhelm, 2021, S. 58). Allerdings wird dies nicht der newtonschen Mechanik gerecht, da diese besagt, dass bei einer konstanten Masse jede Kraft eine Geschwindigkeitsänderung bewirkt (Wilhelm, 2021, S. 58).

Ein weiteres Merkmal des traditionellen Physikunterrichts ist, dass hauptsächlich Bewegungen in positiver Koordinatenrichtung betrachtet werden (Wilhelm, 2021, S. 58). Bewegungen mit negativer Koordinatenrichtung werden kaum betrachtet

(Wilhelm, 2021, S. 58). Hiermit wird Geschwindigkeit auf eine skalare Größe begrenzt, was eine Gleichsetzung von Geschwindigkeit und Tempo bewirkt (Wilhelm, 2021, S. 58). Durch die Beschränkung auf den Betrag wird nicht deutlich, dass Richtungsänderungen durch eine Kraft bewirkt werden (Wilhelm, 2021, S. 58). Die Geschwindigkeit wird als  $v = \frac{s}{t}$  definiert (Wilhelm, 2021, S. 54). Dabei vernachlässigt bleibt der Differenzcharakter (Wilhelm, 2021, S. 54). Zudem wird das Konzept vermittelt, dass eine positive Beschleunigung immer ein Schnellerwerden und eine negative Beschleunigung ein Langsamerwerden bezeichnet (Wilhelm, 2021, S. 58). Dies lässt sich jedoch nicht auf negative Koordinatenrichtung anwenden (Wilhelm, 2021, S. 58).

Das erste newtonsche Gesetz wird als erstes Bewegungsgesetz eingeführt (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 86). Außerdem wird im Gegensatz zu neueren Unterrichtskonzepten das zweite newtonsche Axiom als differenzielle Gleichung  $F = m \cdot a$  eingeführt (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 87). Des Weiteren wird der Begriff „Kraft“ über die Statik eingeführt und an die Muskelkraft angeknüpft (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 85). Als Wirkung der Kraft werden vor allem Bewegungsänderungen und Verformungen betrachtet (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 86). Zudem ist im traditionellen Physikunterricht ein Schwerpunkt auf Rechnungen (Wilhelm, 2021, S. 59). Damit wird das Konzept vermittelt, dass es in der Physik vor allem um Rechnungen geht (Wilhelm, 2021, S. 59).

Eine Schwierigkeit des traditionellen Physikunterrichts ist im Besonderen die Vermittlung, dass für eine Richtungsänderung eine Kraft benötigt wird (Wilhelm, 2021, S. 58). Der traditionelle Physikunterricht verdeutlicht nicht, dass bei einer gleichmäßigen Kreisbewegung Geschwindigkeit und Beschleunigung senkrecht zueinander sind (Wilhelm, 2021, S. 58). Eine weitere Schwierigkeit des traditionellen Physikunterrichts ist, dass durch die Einführung der Kraft in der Statik die Kraft an die Muskelkraft geknüpft wird, wodurch bei dieser Einführung ein falsches Konzept von Kraft erworben wird (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 85).

## **3.2 Neuere Unterrichtskonzepte**

### **3.2.1 Das Konzept von Jung**

Jung hat in den 1970er Jahren ein Mechanikkonzept für die 3. – 6. Klasse entworfen (Jung et al., 1977, S. 7). Das Ziel dieses Unterrichtskonzeptes bestand darin, herauszufinden, inwieweit Schülerinnen und Schüler bereits in der Grundschule und Sekundarstufe I in der Lage sind, kinematisch-dynamische Begriffe zu lernen (Jung et al., 1977, S. 7). Vor allem geht es darum, Lernschwierigkeiten zu erfassen (Jung et al., 1977, S. 7). Durch das Mechanikkonzept sollen Erkenntnisse gesammelt werden, welche Lernangebote in welcher Klassenstufe eingesetzt werden sollten (Jung et al., 1977, S. 8).

Auf der Grundlage der Erkenntnis, dass aus ungeeigneten Lernsituationen Fehlvorstellungen entwickelt werden können, hat Jung ein Unterrichtskonzept entwickelt, an das der Physikunterricht anknüpft (Jung et al., 1977, S. 7). Das Mechanikkonzept fokussiert sich auf phänomenologische Begriffsbildung (Jung et al., 1977, S. 8). Zudem soll die Unterrichtseinheit dazu beitragen, dass Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit erwerben, zwischen Fachsprache und Umgangssprache zu differenzieren (Jung et al., 1977, S. 8). Dabei liegt das Ziel von Jung auf der intuitiven Begriffsbildung (Jung et al., 1977, S. 11). Die im Vergleich zu anderen Mechanikkonzepten frühe Durchführung soll dazu beitragen, Fehlvorstellungen zu vermeiden (Jung et al., 1977, S. 105). Jung stellt sich die Frage: „Ist es gleichsam entwicklungsnotwendig, daß die Kinder zunächst einmal für viele Jahre über den Richtungscharakter der (physikalischen) Geschwindigkeit nichts lernen; daß sie jahrelang einen am Muskelgefühl orientierten statischen – wenn nicht gar animistischen – Kraftbegriff ausbilden und erst sehr spät den Zusammenhang zwischen (physikalischer) Kraft und kinematischen Größen kennenlernen?“ (Jung et al., 1977, S. 8). Demnach bestehen Zusammenhänge zwischen dem späten Einführen physikalischer Größen und der Ausbildung von Fehlvorstellungen (Jung et al., 1977, S. 8). Nach Jung, Reul und Schwedes (1977, S. 8) führt dies zur Bildung von Lernbarrieren. Zentral in Jungs Konzept ist eine konsequente Verwendung des zweidimensionalen Geschwindigkeitsbegriffs (Jung et al., 1977, S. 9). Von entscheidender Bedeutung ist die Geschwindigkeitsänderung (Jung et al., 1977, S. 9). Diese ist mit

einer Impulswirkung und damit mit einer Kraft verbunden. Mit der Zusatzgeschwindigkeit  $\Delta\vec{v}$  wird der Stoß als  $\overrightarrow{Sto\beta} = m \cdot \Delta\vec{v}$  eingeführt (Spatz et al., 2018, S. 73). Die Kraft wird als Stoßrate  $\frac{m \cdot \Delta\vec{v}}{\Delta t}$  definiert (Spatz et al., 2018, S. 73).

Das Unterrichtskonzept gliedert sich in vier Unterrichtseinheiten (Jung, 1977, S. 107). Die erste Unterrichtseinheit ist „Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsänderung“ (Jung et al., 1977, S. 107). Diese umfasst „Schnelligkeitsvergleich“, „Geschwindigkeit“, „Pfeilbilder“ und „Geschwindigkeitsänderung“ (Jung et al., 1977, S. 107). Jung beginnt die Unterrichtseinheit mit dem Aufgreifen der Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler über Schnelligkeit und führt den Begriff Tempo ein (vgl. Jung et al., 1977, S. 107). Durch das Fahren zweier Züge auf parallelen Strecken sollen experimentell Erkenntnisse gesammelt werden und darauf aufbauend die Bedeutung der Geschwindigkeit herausgearbeitet werden (Jung et al., 1977, S. 111). Hierbei wird das Experiment der Züge erneut aufgegriffen, wobei die Züge keine parallelen Strecken durchfahren, sondern sich treffen sollen (Jung et al., 1977, S. 111). Die Bedeutung der Richtung wird über das Zusammenstoßen der Züge aufgegriffen (Jung et al., 1977, S. 111). Die Geschwindigkeit wird dabei durch Pfeilbilder dargestellt, anhand dessen die Schülerinnen und Schüler erkennen sollen, ob eine Geschwindigkeitsänderung stattfindet (Jung et al., 1977, S. 121). Zudem werden Geschwindigkeitspfeile in Kurven bestimmt, was verdeutlicht, dass sich bei einer Geschwindigkeitsänderung Tempo und Richtung ändern (Jung et al., 1977, S. 121).

In der zweiten Unterrichtseinheit geht es um „Bezugssystem und Zusatzgeschwindigkeit“ (Jung et al., 1977, S. 124). Die Unterrichtseinheit setzt sich zusammen aus „Bezugssystem und Geschwindigkeit“, „Geschwindigkeitsänderung und Zusatzgeschwindigkeit“ und „Reflexion“ (Jung et al., 1977, S. 124). Zentral ist die Unterscheidung von Geschwindigkeit in zwei Bezugssystemen (Jung et al., 1977, S. 126). Dazu wird das Experiment „Zug auf Fahrtisch“ verwendet (Jung et al., 1977, S. 127). Die Richtung wird mit Pfeilbildern dargestellt (Jung et al., 1977, S. 127). Daran anknüpfend wird der Begriff der Zusatzgeschwindigkeit eingeführt (Jung et al., 1977, S. 130). Dazu werden die Anfangsgeschwindigkeit und die Endgeschwindigkeit verglichen (Jung et al., 1977, S. 130). Die Geschwindigkeit des Fahrtischs wird als Zusatzgeschwindigkeit bezeichnet (Jung et al., 1977, S. 131). Daran anschließend wird die Geschwindigkeitsänderung bei einer Reflexion betrachtet (Jung et

al., 1977, S. 136). Dazu wird ein Luftkissentisch verwendet und die Reflexion eines Tennisballs analysiert (Jung et al., 1977, S. 137).

In der dritten Unterrichtseinheit geht es um „Geschwindigkeitsänderungen in Kurven“ (Jung et al., 1977, S. 139). Die Unterrichtseinheit beinhaltet „Zusatzgeschwindigkeit zwischen Ein- und Ausfahrt“, „Momentangeschwindigkeit“ und „Beschleunigte Bewegung“ (Jung et al., 1977, S. 139). Der Begriff der Zusatzgeschwindigkeit soll auf die Kurvenfahrt angewendet werden (Jung et al., 1977, S. 139). Dazu wird ein Experiment durchgeführt, bei dem eine Kugel durch eine Kurve in einem Tunnel rollt (Jung et al., 1977, S. 140). Mit Pfeilbildern wird die Bewegung rekonstruiert (Jung et al., 1977, S. 140). Die Momentangeschwindigkeit wird durch das Anbringen eines Pfeils an dem Zug dargestellt (Jung et al., 1977, S. 145). Daran anknüpfend wird die Geschwindigkeitsänderung auf einer Strecke als Beschleunigung eingeführt (Jung et al., 1977, S. 147).

Anschließend geht es in der vierten Unterrichtseinheit um „Geschwindigkeitsänderung und Stoß“ (Jung et al., 1977, S. 151). Die Unterrichtseinheit beinhaltet „Kurvenfahrt durch eine Folge seitlicher Stöße“ und „Anfahren und Bremsen als Sonderfälle der beschleunigten Bewegung“ (Jung et al., 1977, S. 107ff). Ziel ist, die Zusatzgeschwindigkeiten durch Stöße darzustellen und zu verdeutlichen, dass Beschleunigen schneller und langsamer werden beinhaltet (Jung et al., 1977, S. 152ff). Im Gesamten gelingt es Jung ein Mechanikkonzept zu entwickeln, mit dem die Grundlagen der Mechanik bereits in der Grundschule vermittelt werden können. Die Ergebnisse des Konzepts werden in Kapitel 3.3 ausführlich dargestellt.

### **3.2.2 Weiterentwicklung von Jungs Konzept**

Das zweidimensionale Mechanikkonzept von Jung wurde ab 1985 von Wiesner und ab 2007 von Wiesner, Wilhelm und Hopf für die Sekundarstufe I und II weiterentwickelt (Wilhelm, 2021, S. 61). Dies basiert auf der konstruktivistischen Lerntheorie und soll dazu beitragen, Physikunterricht lernbar und interessant zu gestalten (Wiesner et al., 2016, S. 5). Zentral ist die Berücksichtigung von Schülervorstellungen (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 100). Ziel der Unterrichtseinheit ist ein qualitatives Verständnis der Ideen der Mechanik zu entwickeln (Wilhelm, 2021, S. 62). Zudem soll das Konzept vermittelt werden, dass eine Kraft eine Änderung der Geschwindigkeit bewirkt (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 100).

Das Konzept unterscheidet sich in zentralen Aspekten vom traditionellen Physikunterricht. Gegensätzlich zum traditionellen Physikunterricht werden Kinematik und Dynamik bereits in der Sekundarstufe I eingeführt (Wilhelm, 2021, S. 56). Die Statik wird nicht durchgeführt, da bei der Einführung des Begriffs Kraft in der Statik die Schülerinnen und Schüler ein falsches Kraftkonzept entwickeln (Wiesner, 1994, zitiert nach Wilhelm, 2021, S. 56). Daher werden Kinematik und Dynamik vor der Statik eingeführt (Wilhelm, 2021, S. 56). Der Begriff Kraft wird über Bewegungsänderungen eingeführt (Wilhelm et al., 2013, S. 1). Wie bereits in Jungs Konzept deutlich wurde, ist die Einführung von Geschwindigkeit als zweidimensionale Größe zentral (Wiesner et al., 2016, S. 27). Durch die Betrachtung zweidimensionaler Größen soll betont werden, dass es sich bei Ort, Geschwindigkeit und Beschleunigung um gerichtete Größen handelt (Wilhelm, 2021, S. 54).

Zunächst werden zweidimensionale Bewegungen beschrieben (Wilhelm et al., 2013, S. 1). Das Tempo wird als zurückgelegter Weg pro Zeit definiert (Wilhelm, 2021, S. 63). Anschließend wird die Richtung betrachtet (Wilhelm, 2021, S. 62). Das Tempo und die Richtung werden als Geschwindigkeit zusammengefasst (Wilhelm, 2021, S. 63). Zentral ist die Pfeildarstellung (Wilhelm, 2021, S. 63). Eine Einführung der Geschwindigkeit als vektorielle Größe ist zentral für den „Aufbau einer konsistenten Dynamik“ (Wiesner et al., 2016, S. 27). Mit gezielten Aufgaben wird der Unterschied zwischen Geschwindigkeit und Tempo geübt (Wilhelm, 2021, S. 63). Hierbei wird nicht zwischen Momentangeschwindigkeit und Durchschnittsgeschwindigkeit unterschieden (Seiter et al., 2020, S. 276). Daraufhin werden Geschwindigkeitsänderungen analysiert (Wiesner et al., 2020, S. 31). Der Begriff „Beschleunigung“ wird nicht verwendet (Wilhelm, 2021, S. 63). Ein zentrales Experiment zur Einführung der Zusatzgeschwindigkeit ist der senkrechte Stoß einer rollenden Kugel (Wilhelm, 2021, S. 64). Die Zusatzgeschwindigkeit ist direkt mit dem Phänomen verknüpft, wodurch dieser zugänglicher als der Begriff Beschleunigung ist (Spatz et al., 2018, S. 73). Die Geschwindigkeitsänderung  $\Delta \vec{v}$  wird in einem Zeitintervall  $\Delta t$  betrachtet (Wilhelm, 2021, S. 63). Dazu wird nicht von einer Geschwindigkeitsänderung gesprochen, da diese eine Differenz darstellt (Wilhelm, 2021, S. 64). Dies ermöglicht einen additiven Zugang  $\Delta \vec{v}_A + \Delta \vec{v}_Z = \Delta \vec{v}_E$ , der für Schülerinnen und Schüler einfacher ist (Wilhelm, 2021, S. 64). In Bezug auf geradlinige Bewegungen wird deutlich, dass das Tempo bei einer Zusatzgeschwindigkeit

in Richtung der Anfangsgeschwindigkeit erhöht und entgegengesetzt der Anfangsgeschwindigkeit langsamer wird (Wilhelm, 2021, S. 65). Durch die Betrachtung von Zeitintervallen anstelle von Zeitpunkten kann die Geschwindigkeit am Anfang und Ende der Bewegung verglichen werden (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 101). Der Begriff Kraft wird als Einwirkungsstärke und Einwirkungsrichtung eingeführt (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 101). Der Zusammenhang zwischen Kraft und Zusatzgeschwindigkeit wird durch drei Je-desto-Beziehungen hergestellt: „Je größer die Einwirkungsstärke ist, die auf einen Körper ausgeübt wird, desto größer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit, die der Körper erhält.“ (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 102). „Je länger die Einwirkungsstärke einer Kraft ist, die auf einen Gegenstand ausgeübt wird, desto größer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit“ (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 102). „Je größer die Masse eines Gegenstandes ist, auf den die Kraft ausgeübt wird, desto geringer ist das Tempo der Zusatzgeschwindigkeit, die der Körper erhält.“ (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 102f). Die Kraft wird über Stöße und ihre Wirkung eingeführt (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 85).

Die Bewegungsgleichung wird über Plausibilitätserklärungen als  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$  eingeführt (Spatz et al., 2018, S. 73). Dieser Zusammenhang wird in unterschiedlichen Beispielen qualitativ angewendet (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 103). Dies bietet die Möglichkeit komplexe Bewegungen ohne Beschleunigung zu beschreiben (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 104). Hierbei geht es um den Zusammenhang von Geschwindigkeitsänderung und Krafteinwirkung (Wilhelm, 2021, S. 61). Dazu werden auch Richtungsänderungen betrachtet (Wilhelm, 2021, S. 61). Auf Grundlage der newtonschen Bewegungsgleichung wird darauf geschlossen, dass keine Kraftausübung zu keiner Zusatzgeschwindigkeit führt und sich die Geschwindigkeit nicht ändert (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 104). Zudem werden mehrere Kräfte betrachtet und verdeutlicht, dass Kraftpfeile addiert werden (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 104). Dadurch kann beim Kräftegleichgewicht verdeutlicht werden, dass keine Zusatzgeschwindigkeit hinzukommt (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 104).

Insgesamt bietet das Konzept damit einen zweidimensional-dynamischen Zugang zur Mechanik.

### 3.3 Empirische Ergebnisse

Die theoretischen Überlegungen von Jung wurden in den Klassen 3 – 6 empirisch von ihm überprüft (Jung et al., 1977, S. 18). Die Studie von Jung zeigt, dass im Vergleich die 3. und 4. Klässler bessere Ergebnisse erreichen als die 5. und 6. Klässler (Jung et al., 1977, S. 36). Daraus lässt sich schließen, dass es lernerschwerend ist, die Mechanik erst in der Sekundarstufe I einzuführen (Jung et al., 1977, S. 66). Im Besonderen der Begriff Geschwindigkeit wird in Klassenstufe 4 am erfolgreichsten gelernt (Jung et al., 1977, S. 45). Dies widerspricht der Annahme, dass Kinematik und Dynamik komplexe Themen sind, die erst auf der Oberstufe bearbeitet werden können (Wilhelm, 2021, S. 56). Zudem zeigt Jungs Studie, dass es wenig Unterschiede zwischen den Geschlechtern gibt (Jung et al., 1977, S. 36). Die Anzahl an korrekten Lösungen unterschied sich über alle Jahrgänge nach dem Inhalt. Am besten wurden Aufgaben zur Schnelligkeit gelöst (Jung et al., 1977, S. 37). Am schlechtesten wurden hingegen Aufgaben zur Masse beim Stoß gelöst (Jung et al., 1977, S. 37). Dies hängt damit zusammen, dass dies nicht explizit im Unterricht gemacht wurde (Jung et al., 1977, S. 37). Zudem zeigt die Studie von Jung, dass die Zusatzgeschwindigkeit auf Basis der Geschwindigkeit leicht gelernt wird (Jung et al., 1977, S. 37). Allerdings strukturieren einige Schülerinnen und Schüler die Zusatzgeschwindigkeit falsch (Jung et al., 1977, S. 41). Eine weitere Schwierigkeit ist die Geschwindigkeit in Kurven, da hierbei der Geschwindigkeitspfeil nicht auf die Momentangeschwindigkeit bezogen wird (Jung et al., 1977, S. 48). Daher wird der Geschwindigkeitspfeil rund dargestellt (Jung et al., 1977, S. 48). Beim Vergleich von Geschwindigkeitspfeilen haben die Schülerinnen und Schüler parallele Geschwindigkeitspfeile als gleich, nicht parallele Geschwindigkeitspfeile als unterschiedlich bewertet (Jung et al., 1977, S. 49). Ebenfalls war eine Schwierigkeit das Experiment „Auto auf Fahrtisch“ mit unterschiedlichen Bezugssystemen (Jung et al., 1977, S. 50). Eine Schwierigkeit war das Wahrnehmen der gleichzeitigen Bewegung des Autos auf dem Fahrtisch und dem Boden (Jung et al., 1977, S. 50). Eine weitere Schwierigkeit, die sich unabhängig vom Inhalt zeigt, ist, dass vor allem jüngere Schülerinnen und Schüler sich nicht auf die Daten der Aufgabe einlassen (Jung et al., 1977, S. 48). Ebenso zeigt sich, dass die Alltagssprache dominant ist (Jung et al., 1977, S. 62). Alle Schülerinnen und Schüler haben den

Begriff Geschwindigkeit physikalisch beschrieben (Jung et al., 1977, s. 62). Dennoch wird abhängig vom Kontext auf den alltäglichen Begriff zurückgegriffen (Jung et al., 1977, S. 62).

Zudem wurden Studien zum traditionellen Physikunterricht und dem zweidimensional-dynamischen Konzept durchgeführt. Wilhelm und Gemici (2017, zitiert nach Wilhelm, 2021, S. 61) haben das Verständnis von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II an 20 Klassen hessischer Gymnasien nach dem traditionellen Physikunterricht getestet. Die Beschreibung unterschiedlich geradliniger Bewegungen ist nur wenigen Schülerinnen und Schülern gelungen (Wilhelm, 2021, S. 61). Zudem hatten die Schülerinnen und Schüler bei der Beschleunigung bei Kreisbewegungen Schwierigkeiten (Wilhelm, 2021, S. 61). Dies zeigt, dass nach dem traditionellen Physikunterricht Beschleunigung mit Geschwindigkeit oder dem Betrag der Geschwindigkeitsänderung gleichgesetzt wird (Wilhelm, 2021, S. 61).

Das Konzept zur zweidimensional-dynamischen Mechanik wurde in einer Studie von Hopf, Wilhelm, Tobias, Waltner und Wiesner in einer 7. Jahrgangsstufe getestet (Spatz et al., 2018, S. 75). Zunächst wurden 18 Klassen nach dem traditionellen Unterricht unterrichtet (Spatz et al., 2018, S. 75). Anschließend wurden 16 Klassen von den gleichen Lehrkräften nach dem zweidimensionalen-dynamischen Konzept unterrichtet (Spatz et al., 2018, S. 75). Das fachliche Verständnis wurde mit Mechanikaufgaben überprüft, die Inhalt des Unterrichts waren (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 106). Im Vergleich zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler, die nach dem traditionellen Unterricht unterrichtet wurden, 4,3 von 13 Aufgaben richtig und die Schülerinnen und Schüler, die nach dem neuen Konzept unterrichtet wurden, 5,7 von 13 Aufgaben richtig beantwortet haben (Tobias, 2010, zitiert nach Wilhelm & Hopf, 2021, S. 106). Dies zeigt, dass das zweidimensionale dynamische Konzept positive Lerneffekte hat (Spatz et al., 2018, S. 79). Bei den Konzepten zeigt sich ein Unterschied in den Lerneffekten zwischen Mädchen und Jungen (Spatz et al., 2018, S. 79). Im traditionellen Konzept haben Jungs höhere Lerneffekte, während im zweidimensionalen dynamischen Konzept Jungen und Mädchen gleiche Lerneffekte haben (Spatz et al., 2018, S. 79). Dies zeigt, dass mit dem zweidimensionalen dynamischen Konzept höhere Lerneffekte erzielt werden können (Spatz et al., 2018, S. 79).

In einer weiteren Studie von Seiter, Krabbe und Wilhelm (2020, S. 275) wurde das zweidimensionale Konzept mit einem eindimensionalen Konzept verglichen. Dazu

wurden die Konzepte in gymnasialen Klassen in Nordrhein-Westfalen durchgeführt (Seiter et al., 2020, S. 277). Sowohl im eindimensionalen als auch im zweidimensionalen Unterricht zeigen sich Lerneffekte (Seiter et al., 2020, S. 278). Die Lerneffekte sind beim eindimensionalen und zweidimensionalen Konzept gleich (Seiter et al., 2020, S. 278). Allerdings erreichen leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler nach dem zweidimensionalen Konzept höhere Lerneffekte (Seiter et al., 2020).

Insgesamt zeigt sich, dass das zweidimensional dynamische Konzept hohe Lernerfolge hat. Im Besonderen leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler profitieren von dem zweidimensional dynamischen Konzept.

### **3.4 Fazit der Unterrichtskonzepte**

Die Unterrichtskonzepte zeigen, dass es von besonderer Bedeutung für den Aufbau physikalischer Grundlagen der Mechanik ist, Geschwindigkeit als zweidimensionale Größe und die Kraft über die Dynamik einzuführen (Wilhelm, 2021, S. 63). Aus den Schülervorstellungen geht hervor, dass das Lernen der Mechanik einigen Schülerinnen und Schülern Schwierigkeiten bereitet (Wiesner et al., 2016, S. 18). Daher klingt es zunächst widersprüchlich, einen Lerngegenstand, der Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe Schwierigkeiten bereitet, in der Grundschule zu betrachten. Allerdings zeigen Jungs Studien, dass schon Grundschulkindern die Grundlagen der Kinematik und Dynamik erwerben können (vgl. Jung et al., 1977, S. 45). Zudem zeigt Jung, dass es lernschwerend ist, das Thema „Bewegung und Kraft“ erst in der Sekundarstufe I einzuführen (Jung et al., 1977, S. 45). Daher sollten grundlegende Ideen der Mechanik bereits in der Grundschule vermittelt werden, um Lernschwierigkeiten zu verringern.

Im Vergleich des traditionellen Physikunterrichts und neueren Unterrichtskonzepten wird deutlich, dass sich diese im Wesentlichen in der Betrachtung eindimensionaler oder zweidimensionaler Bewegungen und der Einführung des Kraftbegriffs unterscheiden. Empirische Studien zeigen, dass das zweidimensionale Konzept im Besonderen für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler höhere Lernerfolge hat als das traditionelle Konzept. Daher ist das zweidimensionale Konzept von Vorteil für den Lernerfolg.

Des Weiteren wurde deutlich, dass es in der Physikdidaktik keine anwendbare Theorie gibt, mit der ein Übergang von Fehlkonzepten zu korrekten Konzepten fehlerfrei gelingt (Wiesner et al., 2016, S. 18). Allerdings lassen sich aus den vorhandenen Konzepten Schlussfolgerungen für ein geeignetes Konzept zum Aufbau von korrekten Begriffen ableiten. Aus den Schülervorstellungen folgt, dass die Mechanik über die Dynamik und nicht die Statik eingeführt wird (vgl. Wiesner et al., 2016, S. 19). Daraus ergeben sich folgende Schlussfolgerungen: Für anschlussfähige Konzepte sollte Geschwindigkeit als zweidimensionale Größe eingeführt und mit Geschwindigkeitspfeilen eingeführt werden. Ebenso wird der Beschleunigungsbegriff nicht verwendet. Stattdessen werden Geschwindigkeitsänderungen mit der Zusatzgeschwindigkeit eingeführt. Hierbei wird jedoch auf den Begriff Geschwindigkeitsänderung verzichtet, da Differenzen von Schülerinnen und Schülern schwierig zu verstehen sind. Zudem werden Einwirkungen als zentrales Element für eine Geschwindigkeitsänderung betrachtet. Die Kraft wird als Einwirkung auf einen Körper eingeführt. Dies wird im anknüpfenden Kapitel 4 ausführlich dargestellt.

## **4 Entwicklung einer Unterrichtseinheit zu „Bewegung und Kraft“**

### **4.1 Aufbau der Unterrichtseinheit**

Die Aufgabe des Sachunterrichts besteht darin, Lernangebote zu entwickeln, die an das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen (Wiesner et al., 2016, S. 18). Die aktivierten Wissens Elemente werden mit neuen Wissens Elementen verknüpft (Wiesner et al., 2016, S. 18). Ein erfolgreicher Unterricht zeichnet sich dadurch aus, dass er „Überlegungen der Lernenden konstruktiv aufnimmt und zusammen mit ihnen Wege des Entdeckens sucht, um gemeinsam zu gesichertem und verstandenem Wissen zu kommen.“ (Köhnlein, 1966, S. 61, zitiert nach Möller, 2022, S. 262). Daher besteht das Ziel darin, eine Unterrichtseinheit zu entwickeln, die an das Vorwissen anknüpft und eine korrekte Begriffsentwicklung fördert. Dazu orientiert sich die Unterrichtseinheit an den Schülervorstellungen.

Das in dieser Arbeit entwickelte Konzept umfasst 6 Unterrichtsstunden, die sich in 3 Unterrichtseinheiten mit jeweils 2 Unterrichtsstunden gliedern. Dieses eigenständig entwickelte Konzept basiert auf Grundlage der Mechanikkonzepte von Jung, Wiesner, Wilhelm und Hopf (vgl. Kapitel 3).

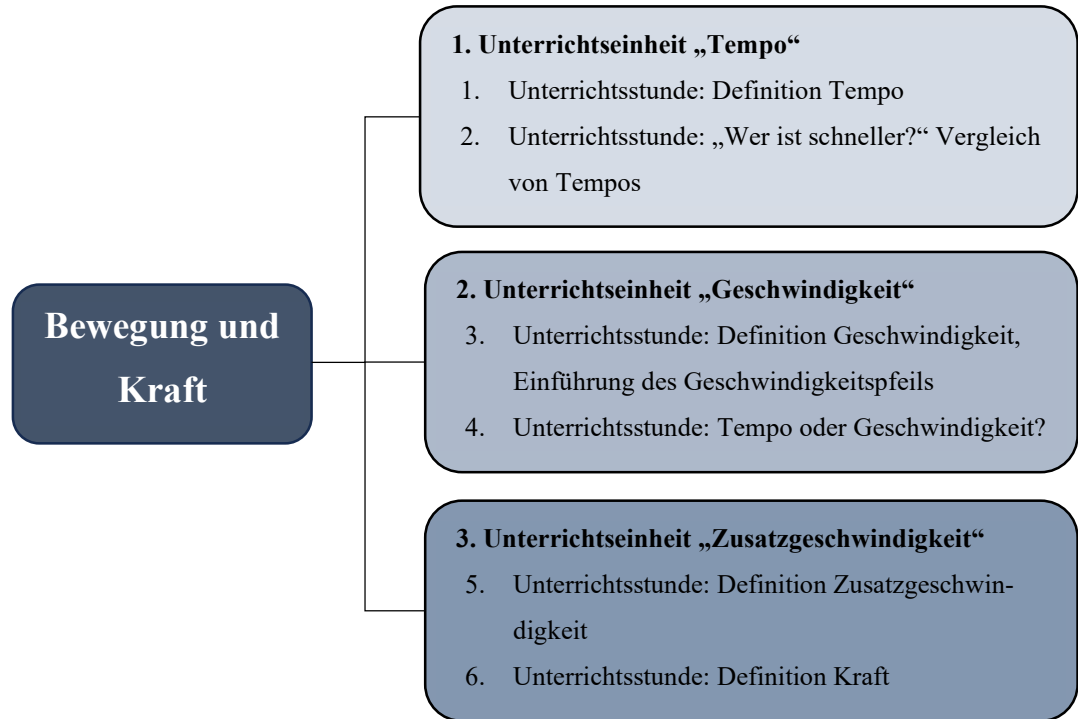


Abbildung 3: Unterrichtskonzept "Bewegung und Kraft"

Quelle: Eigene Darstellung

Die erste Einheit ist „Tempo“ (vgl. Abb. 3). Dies umfasst die Definition des Begriffs „Tempo“ auf Grundlage des Experiments „Zeitstoppen“. Zudem werden unterschiedliche Bewegungen bezüglich des Tempos auf Grundlage von Weg und Zeit verglichen. Die zweite Einheit ist „Geschwindigkeit“ (vgl. Abb. 3). Wie bereits im vorausgegangenen Kapitel deutlich wurde, wird anknüpfend an die zweidimensional-dynamischen Konzepte von Jung, Wiesner, Wilhelm und Hopf Geschwindigkeit als zweidimensionale Größe eingeführt. Im Mittelpunkt der Unterrichtseinheit steht, zu zeigen, was Tempo und was Geschwindigkeit ist. Hierbei wird Geschwindigkeit als gerichtete Größe eingeführt. Zentral ist die Einführung des Geschwindigkeitspfeils. Aufbauend auf den Begriffen „Tempo“ und „Richtung“ wird der Begriff „Geschwindigkeit“ eingeführt. Zudem wird zwischen Tempo und Geschwindigkeit unterschieden. Die dritte Einheit ist „Zusatzgeschwindigkeit“. Im Mittelpunkt steht das Experiment „Torschuss“ zum senkrechten Stoß. Die Geschwindigkeitsänderung wird über die Zusatzgeschwindigkeit eingeführt. Der Begriff Kraft wird als Einwirkung auf einen Körper eingeführt. Die Schülerinnen und

Schüler sollen das Konzept erwerben, dass jede Einwirkung eine Geschwindigkeitsänderung bewirkt und dass für eine Einwirkung eine Kraft benötigt wird.

Das Unterrichtskonzept unterscheidet sich vom traditionellen Physikunterricht. Eingestiegen wird wie bei Wiesner, Wilhelm und Hopf mit der Kinematik, nicht mit der Statik, da die Einführung des Begriffs „Kraft“ über die Statik Fehlkonzepte fördert (Wilhelm, 2021, S. 56). Daher wird der Begriff „Kraft“ in der Dynamik eingeführt. Die Reihenfolge zunächst Kinematik und anschließend Dynamik ist gleich (vgl. Wilhelm, 2021, S. 56). Von Jung übernommen wurde der Schwerpunkt auf zweidimensionale Bewegungen, der zweidimensionale Geschwindigkeitsbegriff, der senkrechte Stoß als zentrales Experiment und die Zusatzgeschwindigkeit. Nicht übernommen wurde die Förderbandanalogie und die Größe Stoß. Zudem wird das Wechselwirkungsprinzip weggelassen, da der Schwerpunkt auf der Ausbildung von anschlussfähigen Begriffen liegt. Im Gegensatz zu den Konzepten von Wiesner, Wilhelm und Hopf für die Sekundarstufe I wird die Bewegungsgleichung nicht eingeführt und keine Graphen verwendet, da dies die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler übersteigt. Gleich ist jedoch die Einführung des Begriffs Geschwindigkeit über Tempo und Richtung. Zudem wird ebenso wie in den Konzepten von Wiesner, Wilhelm und Hopf der senkrechte Stoß zur Einführung der Zusatzgeschwindigkeit verwendet und der Begriff Beschleunigung aufgrund der Vielzahl an Fehlvorstellungen nicht verwendet (vgl. Wiesner et al., 2016, S. 32).

#### 4.1.1 Einheit 1: Das Tempo

##### 4.1.1.1 Aufbau der Einheit

Ziele der Unterrichtseinheit:

- Die Schülerinnen und Schüler sollen den Begriff Tempo definieren können.
- Die Schülerinnen und Schüler sollen Bewegungen bezüglich des Tempos vergleichen können.

Zeit	Ablauf	Methode/ Sozial- form	Material
2 Minuten	Die Lehrkraft stellt das Thema vor und erklärt den Arbeitsauftrag.	Plenum	AB 1.1

10 Minuten	Die SuS sammeln ihre Ideen auf dem AB 1.1 in einer Mindmap.	Einzelarbeit	AB 1.1
3 Minuten	Die Ideen der SuS werden im Plenum gesammelt.	Plenum	Tafel
20 Minuten	<p>Experiment „Zeitstoppen“</p> <p>Im Plenum wird der Versuchsaufbau gelesen. Mit dem Kreppband wird eine Start- und Ziellinie aufgeklebt.</p> <p>In jeder Runde gibt es 3 Durchgänge. Eine Schülerin oder ein Schüler stoppt die Zeit, die eine Schülerin oder ein Schüler benötigt.</p> <p>Alle SuS notieren auf ihrem AB die Zeiten.</p> <p>Die Schülerin oder der Schüler, die oder der gelaufen ist, wählt im Anschluss die nächste Schülerin oder den nächsten Schüler.</p> <p>Die Streckenlänge kann nach jeder Runde (je 3 Läufer) variiert werden.</p>	Plenum	<p>Tafel</p> <p>Stoppuhr</p> <p>Kreppband</p> <p>Stifte</p> <p>AB 1.21</p> <p>AB 1.22</p>
5 Minuten	Die SuS markieren das schnellste Tempo blau und langsamste Tempo rot.	Einzelarbeit	AB 1.22
5 Minuten	<p>Ergebnisse vergleichen:</p> <p>Wer hat das schnellste Tempo? Woran hast du das erkannt?</p> <p>Definition des Begriffs Tempo mit den SuS: Das Tempo gibt an, wie schnell etwas ist.</p> <p>Lehrkraft notiert Definition an der Tafel</p>	<p>Plenum</p> <p>Fragend-entwickelndes Gespräch</p>	AB 1.22

Tabelle 1: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 1

Quelle: Eigene Darstellung

<b>Zeit</b>	<b>Ablauf</b>	<b>Methode/ Sozialform</b>	<b>Material</b>
2 Minuten	Wiederholung Was ist Tempo?	Plenum	
5 Minuten	<p>Experiment: „Wägen auf gleichem Weg in ungleicher Zeit“</p> <p>Die SuS kommen in den Stuhlkreis</p>	Stuhlkreis	<p>Wägen</p> <p>Kreppband</p>

	<p>Mit dem Kreppband werden eine Start- und Ziellinie geklebt.</p> <p>Je zwei Schülerinnen und Schüler starten gleichzeitig die Wägen.</p> <p>Die Wägen fahren den gleichen Weg in unterschiedlicher Zeit.</p> <p>Diskussion: Wer ist schneller?</p> <p>Merksatz: Schneller ist, wer den gleichen Weg, in der kürzeren Zeit zurücklegt.</p>		
5 Minuten	<p>Experiment „Wägen auf unterschiedlichem Weg in gleicher Zeit“</p> <p>Mit dem Kreppband wird eine weitere Linie geklebt.</p> <p>Die Lehrkraft stellt das Tempo der Wägen ein. Ein Wagen startet bei Startlinie 1 und ein Wagen bei Startlinie 2.</p> <p>Die SuS haben den Auftrag zu beobachten, wer das höhere Tempo hat.</p> <p>Zwei SuS starten gleichzeitig die Wagen.</p> <p>Diskussion: Wer ist schneller?</p> <p>Merksatz: Schneller ist, wer in der gleichen Zeit, einen längeren Weg zurückgelegt hat.</p>	Stuhlkreis	Wägen Kreppband
5 Minuten	<p>Experiment „Wägen auf unterschiedlichem Weg in unterschiedlicher Zeit“</p> <p>Die Wägen starten bei Startlinie 1 und 2.</p> <p>Die Lehrkraft stellt ein unterschiedliches Tempo ein. Wichtig ist, dass der Wagen der näher an der Ziellinie ist, vor dem anderen Wagen im Ziel ist.</p> <p>Zwei SuS starten die Wägen gleichzeitig.</p> <p>Diskussion: Wer ist schneller?</p>	Stuhlkreis	Wägen
10 Minuten	<p>Austeilen der Arbeitsblätter AB 1.31 und AB 1.32</p> <p>Die SuS bearbeiten AB 1.31 und AB 1.32</p>	Einzelarbeit	AB 1.31 AB 1.32 ZA 1.1 ZA 1.2

	Die SuS, die mit dem AB 1.31 und AB 1.32 fertig sind, bearbeiten die Zusatzaufgabe ZA 1.1 und ZA 1.2		
5 Minuten	Besprechen des Arbeitsblatt AB 1.31 und AB 1.32 im Plenum	Plenum	AB 1.31 AB1.32
10 Minuten	Austeilen des Arbeitsblatts AB 1.4 Die SuS bearbeiten die Knobelaufgaben	Partnerarbeit	AB 1.4
5 Minuten	Besprechen des Arbeitsblatts AB 1.4	Plenum	AB 1.4 Tafel

Tabelle 2: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 2

Quelle: Eigene Darstellung

#### 4.1.1.2 Didaktisch-methodische Überlegungen

Der Begriff Tempo ist von Bedeutung, um einen tragfähigen Geschwindigkeitsbegriff aufzubauen, da sich Geschwindigkeit aus Tempo und Richtung zusammensetzt (Wiesner et al., 2016, S. 9). Daher startet die Unterrichtseinheit mit der Einführung des Begriffs Tempo.

Die Unterrichtseinheit enthält einige Elementarisierungen. Das Tempo wird auf beschreibbarer Ebene betrachtet. Dazu wird das Tempo nicht berechnet, um zum einen zu verdeutlichen, dass es in der Physik nicht primär um Rechnungen geht (vgl. Wilhelm, 2021, S. 59). Zum anderen verfügen die Schülerinnen und Schüler nicht über die mathematischen Fähigkeiten, wodurch die Verwendung von Gleichungen zu kognitiven Überforderungen führt (vgl. Gold, 2015, S. 56). Im Mittelpunkt steht das qualitative Verständnis. Daher werden keine Einheiten und Formelzeichen eingeführt. Das Tempo wird auf Grundlage von Weg und Zeit verglichen und mit den Relationen schneller, langsamer und gleich schnell beschrieben. Der Begriff Strecke wird nicht verwendet, da dies mathematisch eine Gerade ist (Scheid & Schwarz, 2017, S. 4). Damit keine Fehlvorstellung zum Begriff „Strecke“ aufgebaut wird, wird der Begriff Weg verwendet.

Wie in Kapitel 2.1 erläutert, ist ein zentrales Ziel des Sachunterrichts die Förderung von Kompetenzen. Im Besonderen wird in der Unterrichtseinheit die „Erkenntnisgewinnung“ (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 12) gefördert. Dies umfasst das Erfassen von Daten mit Messgeräten (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 12). Bei dem Experiment „Wer ist schneller?“ messen die Schülerinnen und Schüler

Zeiten mit einer Stoppuhr. Hierbei lernen die Schülerinnen und Schüler, Experimente durchzuführen, Messdaten mit Messgeräten zu sammeln und die gewonnenen Messdaten auszuwerten. In der Auswertung des Experiments werden Verallgemeinerungen formuliert, womit vor allem die Erkenntnisgewinnung gefördert wird (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 17). Zudem wird die „Kommunikationskompetenz“ (Hessisches Kultusministerium, 2011., S. 12) mit der Vorstellung der Ideen zur Mindmap als auch der Auswertung des Experiments gefördert. Bei der Vorstellung der Ideen zum Begriff Tempo versprachen die Schülerinnen und Schüler den Zusammenhang zwischen der Bewegung und dem Begriff Tempo. Des Weiteren beschreiben die Schülerinnen und Schüler bei der Auswertung des Experiments, wer das höhere Tempo hat. In der Unterrichtsstunde wird für das Tempo der physikalisch richtige Begriff „Tempo“ und nicht wie alltagssprachlich der Begriff „Geschwindigkeit“ verwendet. Dies ermöglicht eine sachbezogene Kommunikation (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 13).

Die Unterrichtsstunde startet mit dem Sammeln des Vorwissens der Schülerinnen und Schüler in einer Mindmap (vgl. Tabelle 1). Das Sammeln von Präkonzepten ist von Bedeutung, um Anknüpfungspunkte ermitteln zu können (Möller, 2018, S. 45). Die Mindmap wird zunächst in Einzelarbeit ausgefüllt. Dies hat den Vorteil, dass das individuelle Vorwissen gesammelt werden kann. Bei der Konstruktion von Wissen ist es von Bedeutung, eine Beziehung zwischen neuem und vorhandenem Wissen herzustellen (Kahlert, 2022, S. 127). Daher wird zunächst das Vorwissen gesammelt, um an neues Wissen anzuknüpfen und dieses zu strukturieren (Bönsch, 2021, S. 93). Die Visualisierung in der Mindmap bietet eine Grundlage für die Kommunikation (vgl. Hilmes & Troué, 2021, S. 26). Das Ziel ist, dass die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass das Tempo bei unzähligen Bewegungen im Alltag von Bedeutung ist. Im Plenum werden die Ideen gesammelt, womit die Schülerinnen und Schüler einen Überblick erhalten, was das Tempo umfasst. Zudem enthält die Aufgabe eine natürliche Differenzierung, wodurch leistungsschwächere und leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler die Aufgabe auf ihrem Niveau bearbeiten können, da Zusammenhänge auf unterschiedlichen Niveaus möglich sind (Krauthausen & Scherer, 2022, S. 49). Nach dem Leistungsniveau unterscheidet sich zum Beispiel die Anzahl an Begriffen. Des Weiteren knüpft die Aufgabe an die Interessen der Schülerinnen und Schüler an. Zum Beispiel können sie das Tempo mit Fußball, aber auch Tischtennis oder Tanzen verbinden.

Auf Grundlage des Vorwissens wird der Begriff Tempo definiert. Dadurch soll eine Verknüpfung zwischen vorhandenen Konzepten und neuen Konzepten gelingen (vgl. Kahlert, 2022, S. 127). Durch das Sammeln des Vorwissens werden vor allem alltägliche Vorstellungen von Tempo, wie das Gleichsetzen mit dem Begriff Geschwindigkeit aufgegriffen (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 65). Die Schülerinnen und Schüler beschreiben, was sie unter dem Begriff Tempo verstehen. Hierbei greift die Lehrkraft den Begriff „schnell“ oder „Schnelligkeit“ auf. Dafür wird folgender Merksatz festgehalten: „Das Tempo gibt an, wie schnell sich etwas bewegt.“. Der Begriff „Körper“ wird nicht verwendet, da die Schülerinnen und Schüler den Begriff mit dem menschlichen Körper verknüpfen könnten. Dies könnte zu einer Fehlvorstellung führen, dass nur menschliche Körper eine Bewegung ausführen. Daher wird der Begriff „etwas“ verwendet.

Im Anschluss an die Definition des Tempos wird das Experiment „Zeitstoppen“ durchgeführt (vgl. Anhang 1.2). Das Experiment hat das Ziel, dass die Schülerinnen und Schüler das Tempo anhand von Weg und Zeit bestimmen können. Auf dieser Grundlage kann das Tempo mit den Relationen „schneller“, „langsamer“ und „gleich schnell“ beschrieben werden. Mit dem Experiment „Zeitstoppen“ wird vor allem das Interesse durch das Anknüpfen an das Wettrennen geweckt. Damit wird ein motivierender Einstieg in das Thema gestaltet (vgl. Kahlert, 2022, S. 213). Dazu knüpft das Experiment an Alltagsvorstellungen. Beispielsweise kennen die Schülerinnen und Schüler von Autofahrten, dass es Tempobegrenzungen gibt. Den Vergleich von unterschiedlichen Tempos mittels des Vergleichs von der Zeit für einen Weg kennen die Schülerinnen und Schüler beispielsweise von Sportläufen.

Der Schwerpunkt der Unterrichtseinheit liegt auf der Beschreibung der Bewegung. „Etwas verstanden zu haben bedeutet, sich verständlich machen zu können.“ (Kahlert, 2022, S. 129). Dementsprechend können mit dem Arbeitsblatt AB 1.22 (vgl. Anhang 1.2.2) Beobachtungen und Erkenntnisse systematisch notiert und versprachlicht werden. Zudem werden mit dem Experiment Zusammenhänge zwischen Weg, Zeit und Tempo hergestellt. Hierbei ist es wichtig, dass in jeder Runde der gleiche Weg gelaufen wird, da nur bei gleichem Weg anhand der Zeit das Tempo verglichen werden kann. Für die Messung der Zeit eignen sich analoge als auch digitale Stoppuhren. Auf dem Arbeitsblatt 1.22 (vgl. Anhang 1.2.2) werden die Beobachtungen dokumentiert. Damit wird das Messen betont, was hervorhebt,

dass das Tempo ein Betrag ist. Dies legt wiederum die Grundlage zur Unterscheidung zwischen Tempo und Geschwindigkeit. Mit der Tabelle wird deutlich, dass beobachtet werden kann, in welcher Zeit welche Strecke zurückgelegt wurde. Damit kann zwischen der Interpretation „Er ist schnell gelaufen“ und Beobachtung „Er ist 1 Minute gelaufen“ unterschieden werden. Da die Zeiten gleichzeitig notiert werden, sitzen die Schülerinnen und Schüler auf ihrem Platz. Der Platz vor der Tafel wird als Laufstrecke verwendet. Mit der Nutzung der digitalen Stoppuhr an der Tafel können alle Schülerinnen und Schüler die Zeiten notieren. Die Namen der Läuferinnen und Läufer werden nicht notiert, damit kein Rennen um das schnellste Tempo stattfindet. Außerdem sollen die Schülerinnen und Schüler dazu angeregt werden, auch langsamere Tempos zu zeigen. Eine Variationsmöglichkeit ist, dass nach jeder Runde die Weglänge verändert wird. Hierbei ist es wichtig, nicht nach jedem Lauf die Weglänge zu verändern, da sonst das Tempo nicht verglichen werden kann.

Im Anschluss an das Experiment sollen die Schülerinnen und Schüler das schnellste und langsamste Tempo markieren (vgl. Anhang 1.2.2). Damit soll ein Zusammenhang zwischen Weg, Zeit und Tempo hergestellt werden. Bei dem Experiment geht es vor allem um das Vergleichen von Tempos, wodurch die Schülerinnen und Schüler lernen, Messwerte als Vergleichsbasis zu nutzen (GDSU, 2013, S. 40). Damit die Schülerinnen und Schüler nicht überfordert sind, muss das Experiment vor- und nachbereitet werden (Pusch et al., 2024, S. 11). Durch die Ergebnissicherung wird versucht, die Erkenntnisse zur Bestimmung des Tempos auf Regelmäßigkeiten zurückzuführen (vgl. GDSU, 2013, S. 41). Aus dem Experiment kann die Erkenntnis gesammelt werden, dass derjenige das höhere Tempo hat, der den gleichen Weg in der kürzeren Zeit zurücklegt.

Die Unterrichtsstunde ist nach der Methode des gelenkt-entdeckenden Lernens gestaltet. Unter Leitung der Lehrkraft können die Schülerinnen und Schüler Erkenntnisse sammeln (Gold, 2015, S. 137). Durch die Durchführung im Plenum ist eine Vergleichsgrundlage gegeben, die im Besonderen für den Vergleich des Tempos von Vorteil ist. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass das Experiment in Gruppenarbeit durchgeführt wird. Hierbei können die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Tempos laufen. Dies hätte jedoch den Nachteil, dass die Gruppen unterschiedliche Durchführungszeiten hätten. Daher wird das Experiment im Plenum durchgeführt.

In der zweiten Unterrichtsstunde wird das Tempo verglichen. Anknüpfend an die erste Unterrichtsstunde wird zunächst das Experiment „Wägen auf gleichem Weg in ungleicher Zeit“ durchgeführt (vgl. Anhang 1.3.1). Durch die Wiederholung der Bestimmung des Tempos bei gleichem Weg und ungleicher Zeit wird der Inhalt gefestigt und die Anwendung auf unterschiedliche Beispiele geübt (vgl. Renkl, 2020, S. 16). Das Experiment findet im Stuhlkreis statt. Von der Lehrkraft ist eine abgeklebte Strecke vorbereitet (vgl. Abb. 4). Die Schülerinnen und Schüler haben die Aufgabe, anhand zweier gleichförmig fahrender Wagen zu bestimmen, wer das höhere Tempo hat (vgl. Abb. 4). Im Anschluss an die Beobachtung argumentieren die Schülerinnen und Schüler, welcher Wagen schneller ist. Auf Grundlage der Argumentationen hebt die Lehrkraft hervor, dass es auf den Weg und die Zeit ankommt.



Abbildung 4: "Wägen auf gleichem Weg in unterschiedlicher Zeit"

Quelle: Eigene Darstellung

Anschließend wird das Experiment „Wägen auf unterschiedlichem Weg in gleicher Zeit“ (vgl. Anhang 1.3.1) durchgeführt. Dies wird ebenso als Demonstrationsexperiment durchgeführt, da das Einstellen der Wägen einen hohen Anspruch hat. Dadurch sollen sich die Schülerinnen und Schüler auf die Bewegung konzentrieren (Pusch et al., 2024, S. 3). Bei



Abbildung 5: "Wägen auf unterschiedlichen Wegen in gleicher Zeit"

Quelle: Eigene Darstellung

dem Experiment werden unterschiedliche Wege abgeklebt, die die Wägen in gleicher Zeit fahren (vgl. Abb. 5). Hierbei ist wichtig, dass die Ziellinie gleich ist, sodass die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass beide Wägen gleichzeitig ins Ziel fahren. Da das Einstellen der Wägen und des Wegs, sodass beide Wägen gleichzeitig ins Ziel fahren, schwierig ist, wird als Alternative ein Video des Versuchs aufgenommen und vorbereitet. Ebenso wie beim ersten Experiment werden die Beobachtungen gesammelt und das Tempo bestimmt. Die Lehrkraft lenkt die Aufmerksamkeit auf den Weg und die Zeit. Dadurch sollen die Schülerinnen und Schüler Zusammenhänge zwischen Weg, Zeit und Tempo herstellen.

Das dritte Experiment ist „Wägen auf unterschiedlichem Weg in unterschiedlicher Zeit“ (vgl. Anhang 1.3.1). Die Schülerinnen und Schüler haben die Aufgabe zu bestimmen, wer das höhere Tempo hat. Dadurch sollen sie erkennen, dass sie weder am Weg noch an der Zeit das Tempo vergleichen können. Daraus kann geschlossen werden, dass das Tempo nicht bestimmt werden kann. Dazu wird im Plenum der Weg und die Zeit der Wägen reflektiert. Hierbei gilt es zu beachten, dass das Tempo der Wägen nicht zu unterschiedlich sein darf, da die Schülerinnen und Schüler dann am eingestellten Tempo argumentieren.

Für das Experiment wird die Methode des gelenkt-entdeckenden Lernens verwendet. Durch die Lehrkraft wird das Tempo eingestellt, sodass die Schülerinnen und Schüler auf Grundlage des Wegs und der Zeit argumentieren. Die Lenkung durch die Lehrkraft ist von Bedeutung, damit zentrale Erkenntnisse gesammelt werden können. Durch das Demonstrationsexperiment haben die Schülerinnen und Schüler kognitive Ressourcen zur Verfügung (Pusch et al., 2024, S. 3). Zudem kann die Aufmerksamkeit gezielt auf die zentralen Elemente Weg und Zeit gerichtet werden (Pusch et al., 2024, S. 3). Zentral ist, dass die Schülerinnen und Schüler selbstständig Erklärungen geben (Gold, 2015, S. 138). Dies zielt darauf, ein qualitatives Verständnis zu fördern. Durch die Hervorhebung von Weg und Zeit werden Zusammenhänge selbstständig von den Schülerinnen und Schülern entdeckt (Gold, 2015, S. 68).

Im Anschluss an das Experiment werden die Arbeitsblätter AB 1.31 und AB 1.32 (vgl. Anhang 1.4.1) zur Vertiefung der Inhalte bearbeitet. Die Aufgaben knüpfen inhaltlich an die Experimente an. Damit soll das gelernte Wissen angewendet werden und die Schülerinnen und Schüler kognitiv aktiviert werden (Gold, 2015, S. 60). Die Aufgaben vertiefen den Zusammenhang von Tempo, Weg und Zeit. Zunächst sollen die Schülerinnen und Schüler das Tempo definieren. Dazu werden Satzanfänge vorgegeben, sodass ein Zusammenhang zwischen Tempo, Weg und Zeit hergestellt wird (vgl. Anhang 1.4.1). In den weiteren Aufgaben sollen die Schülerinnen und Schüler anhand des Wegs und der Zeit das Tempo bestimmen. Hierbei sollen sie begründen, woran sie das Tempo erkennen können.

Eine Differenzierung findet mit den Zusatzaufgaben ZA 1.1 und ZA 1.2 statt (vgl. Anhang 1.4.3). Die Aufgaben sind so gestaltet, dass sie Wissen anwenden. Im Gegensatz zu den Grundaufgaben auf den Arbeitsblättern AB 1.31 und AB 1.32 (vgl.

Anhang 1.4.1) skizzieren die Schülerinnen und Schüler zusätzlich ihre Ideen. Zudem sollen die Schülerinnen und Schüler anhand der Angabe von Zeit und Weg ohne Skizze bestimmen, wer das höhere Tempo hat (vgl. Anhang 1.4.3). Damit kann leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern mehr Lernzeit zur Verfügung gestellt werden und leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler können ihr Wissen vertiefen und festigen (Müller, 2014, S. 11).

Mit den Knobelaufgaben (Anhang 1.4.5) sollen vor allem Fehlkonzepte diskutiert werden. In den Knobelaufgaben werden Schülervorstellungen gegenübergestellt. Dies wird zunächst in Partnerarbeit und anschließend im Plenum diskutiert. Die Partnerarbeit bietet sich an, um unterschiedliche Schülervorstellungen zu diskutieren, um die erarbeiteten Konzepte zu erweitern.

## 4.1.2 Einheit 2: Die Geschwindigkeit

### 4.1.2.1 Aufbau der Einheit

Ziele der Unterrichtseinheit:

- Die Schülerinnen und Schüler sollen den Begriff Geschwindigkeit physikalisch definieren können.
- Die Schülerinnen und Schüler sollen den Begriff Tempo und Geschwindigkeit unterscheiden können.
- Die Schülerinnen und Schüler wissen, was der Geschwindigkeitspfeil ist und was er angibt.

Zeit	Ablauf	Methode/ Sozial- form	Material
5 Minuten	Wiederholung Was ist das Tempo?	Plenum	
10 Minuten	Experiment: „Wägen treffen sich“ Die SuS kommen in den Stuhlkreis. Im Plenum werden Bedingungen für den Zusammenstoß der Wägen gesammelt. Zu den Nennungen werden die Begriffe Richtung und Tempo ausgelegt.	Stuhlkreis  Gelenk- entdecken- des Lernen	Wägen Karten Tempo, Richtung, Geschwindigkeit

	Als Überbegriff wird Geschwindigkeit eingeführt. Die Wagen werden gleichzeitig gestartet. Die SuS beschreiben die Bewegung		(Anhang 2.1.2)
10 Minuten	Einführung Geschwindigkeitspfeil Die Lehrkraft erläutert den Geschwindigkeitspfeil. Im Plenum werden Geschwindigkeitspfeile nach Geschwindigkeit geordnet.	Fragend-entwickelndes Gespräch	Vorlage Geschwindigkeitspfeile (Anhang 2.1.3)
10 Minuten	Erläuterung des Arbeitsblatts SuS bearbeiten das Arbeitsblatt AB 2.1	Einzelarbeit	AB 2.1
5 Minuten	Besprechen des Arbeitsblatts AB 2.1	Plenum	AB 2.1
5 Minuten	Zwischensicherung Was ist das Tempo? Was ist die Richtung? Was ist die Geschwindigkeit? Die SuS besprechen zunächst mit ihrem Partner Definition Anschließend werden die Begriffe im Plenum wiederholt	Partnerarbeit Plenum Fragend-entwickelndes Gespräch	

Tabelle 3: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 3

Quelle: Eigene Darstellung

<b>Zeit</b>	<b>Ablauf</b>	<b>Methode/ Sozialform</b>	<b>Material</b>
5 Minuten	Wiederholung Was ist Geschwindigkeit? Was ist der Geschwindigkeitspfeil? Wiederholung der Übung zum Vergleich der Geschwindigkeitspfeile	Plenum, Fragend-entwickelndes Gespräch	Geschwindigkeitspfeile (Anhang 2.1.3)
20 Minuten	Spiel „Geschwindigkeitspfeil“ Die Lehrkraft erläutert das Spiel und teilt die Spielkarten aus.	Partnerarbeit	Spiel „Rennau-

	Jeweils zwei SuS bearbeiten ein Spiel. Hierbei vergleichen die SuS die Geschwindigkeit anhand von Geschwindigkeitspfeilen. Die SuS können unterschiedlich viele Runden, je nach Tempo, spielen.		tos“ (Anhang 2.3.2)
15 Minuten	An der Tafel ist Bild mit Autos und Geschwindigkeitspfeilen Im Plenum wird markiert, wer das gleiche Tempo hat. Anschließend wird markiert, wer die gleiche Richtung hat. Zusätzlich werden die Zahlen an der Tafel notiert. Wer hat die gleiche Geschwindigkeit? Gleiche Geschwindigkeit werden an der Tafel markiert.	Fragend-entwickelndes Gespräch	Tafel AB Anhang 2.4
5 Minuten	Ergebnissicherung Was ist Geschwindigkeit?	Plenum	

Tabelle 4: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 4

Quelle: Eigene Darstellung

#### 4.1.2.2 Didaktisch-methodische Überlegungen

In der 2. Unterrichtseinheit wird der Begriff Geschwindigkeit eingeführt. Anknüpfend an das Mechanikkonzept von Wiesner, Wilhelm und Hopf wird der Begriff Geschwindigkeit über Tempo und Richtung definiert (vgl. Wilhelm, 2021, S. 63). Die Geschwindigkeit wird mit Geschwindigkeitspfeilen dargestellt (vgl. Wilhelm, 2021, S. 63). Der Begriff Geschwindigkeit wird zweidimensional eingeführt, da bei Reduzierung auf den Betrag der Begriff Geschwindigkeitsänderung nicht korrekt erworben werden kann (Jung et al., 1977, S. 9). Bei einer Einführung der Geschwindigkeit über den Betrag ist der Nachteil, dass Kreisbewegungen nicht als Geschwindigkeitsänderung erkannt werden (Spatz et al., 2018, S. 73). Daher ist es von Bedeutung, Geschwindigkeit als zweidimensionale Größe einzuführen (Spatz et al., 2018, S. 73).

Das Thema „Geschwindigkeit“ stellt einen hohen Gegenwartsbezug dar. Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass es zum Beispiel beim Rennen oder beim Fahrradfahren auf Geschwindigkeit ankommt. Allerdings ist hierbei meist der Betrag der Geschwindigkeit gemeint (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 21). In der Physik ist

Geschwindigkeit eine mehrdimensionale Größe (Wilhelm, 2021, S. 63). Das Ziel ist, dass die Schülerinnen und Schüler den physikalischen Begriff Geschwindigkeit erwerben, sodass sie zwischen Tempo und Geschwindigkeit unterscheiden können. In der Unterrichtseinheit können unterschiedliche Kompetenzen gefördert werden. Mit dem Experiment „Züge treffen sich“ wird vor allem die „Erkenntnisgewinnung“ (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 11) gefördert. Die Schülerinnen und Schüler stellen zunächst Vermutungen auf, wie sich die Züge treffen und werten anschließend das Experiment aus (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 17). Hierbei wird außerdem die „Kommunikationskompetenz“ (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 11) gefördert, da Erkenntnisse versprachlicht werden (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 18). Zudem verwenden die Schülerinnen und Schüler Fachbegriffe wie „Tempo“, „Richtung“ und „Geschwindigkeit“ (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 18). Dies fördert außerdem die überfachliche Kompetenz „Sprachkompetenz“ (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 10), da die Schülerinnen und Schüler zwischen Alltagssprache „Geschwindigkeit = Tempo“ und Fachsprache „Geschwindigkeit = Tempo + Richtung“ unterscheiden. Ebenso wie die Unterrichtseinheit zum Tempo enthält auch die Unterrichtseinheit zur Geschwindigkeit einige Elementarisierungen. Das Thema Geschwindigkeit wird auf die beobachtbaren Phänomene beschränkt. Hierbei wurde das Konzept von Wiesner, Wilhelm und Hopf auf das Niveau der Schülerinnen und Schüler angepasst. Ebenso wie bei der Einführung des Begriffs Tempo (siehe Kapitel 4.1.1.2) werden keine Formeln und Graphen verwendet. Das Ziel liegt auf der Begriffsbildung und dem qualitativen Verständnis von Geschwindigkeit. Die Studien von Jung zeigen, dass bereits Grundschüler und Grundschülerinnen einen zweidimensionalen Geschwindigkeitsbegriff erwerben können (Jung et al., 1977, S. 36). Nur mit einem korrekten Begriff von Geschwindigkeit kann ein korrekter Begriff von Geschwindigkeitsänderung aufgebaut werden (Jung et al., 1977, S. 9). Daher wird die Geschwindigkeit nicht eindimensional eingeführt, da dies die Schülervorstellung, Geschwindigkeit mit dem Tempo gleichzusetzen, fördert (Wiesner et al., 2016, S. 19). Zusätzlich wird mit dem Geschwindigkeitspfeil verdeutlicht, dass Geschwindigkeit eine gerichtete Größe ist (Wilhelm, 2021, S. 54).

Die 3. Unterrichtsstunde startet mit einer Wiederholung des Begriffs Tempo. Daran anknüpfend wird der Begriff Geschwindigkeit eingeführt. Dazu wird das Experiment „Züge treffen sich“ durchgeführt, dass mit dem Zusammenstoßspiel von Jung,

Reul und Schwedes (1977, S. 112) vergleichbar ist. Durch das Experiment werden die Schülerinnen und Schüler angeregt, Zusammenhänge von Tempo und Richtung zu entdecken. Es werden Vermutungen gesammelt, Ideen ausprobiert und Lösungen reflektiert (vgl. Möller, 2018, S. 39). Damit wird die Weiterentwicklung von Schülervorstellungen gefördert (Möller, 2018, S. 39). Daher werden zuerst Vermutungen zu den Bedingungen gesammelt, die gegeben sein müssen, damit sich die Wagen treffen, das Experiment ausgeführt und anschließend auf den Zusammenhang von Tempo, Richtung und Geschwindigkeit geschlossen.

Durch das Experiment wird deutlich, dass nicht nur das Tempo von Bedeutung ist, sondern auch die Richtung. Zur Visualisierung werden Karten mit den Begriffen Tempo, Richtung und Geschwindigkeit verwendet (vgl. Abb. 6). Die Lehrkraft stellt die Aufgabe, dass sich die Wagen treffen sollen. Die Schülerinnen und Schüler sollen überlegen, was beachtet werden muss, damit sich die Züge treffen. Die Karten mit den



Abbildung 6: Tafelbild Geschwindigkeit

Quelle: Eigene Darstellung

Begriffen „Tempo“ und „Richtung“ werden jeweils bei Nennung des Begriffs, wie in Abbildung 6 dargestellt, ausgelegt. Der Begriff Geschwindigkeit wird wie bei Wiesner, Wilhelm und Hopf als Überbegriff von der Lehrkraft eingeführt (vgl. Wilhelm, 2021, S. 63). Durch die Darstellung der Begriffe, wie in Abbildung 6, kann visualisiert werden, dass sich der Begriff Geschwindigkeit aus Tempo und Richtung zusammensetzt. Durch die Visualisierung wird vor allem die Merkfähigkeit gefördert (Hilmes & Troué, 2021, S. 27). Zudem können die Schülerinnen und Schüler durch das Zusammenführen der Begriffe zu Geschwindigkeit den Prozess mitverfolgen (vgl. Hilmes & Troué, 2021, S. 27). Außerdem wird der Inhalt auf die zentralen Elemente Tempo, Richtung und Geschwindigkeit zentralisiert. Dadurch wird die Strukturierung der Inhalte unterstützt (Hilmes & Troué, 2021, S. 28). Die Einführung des Begriffs Geschwindigkeit über die Karten Tempo und Richtung setzt jedoch voraus, dass die Schülerinnen und Schüler auf die Begriffe Tempo und Richtung kommen. Eine Alternative zur Einführung des Begriffs ist, dass die Lehrkraft zunächst das Experiment demonstriert und die Wagen aneinander vorbeifahren lässt, wodurch die Bedeutung der Richtung gezielt hervorgehoben werden kann.

Das Experiment wird als Demonstrationsexperiment durchgeführt. Dadurch sollen die Schülerinnen und Schüler kognitive Ressourcen zum konzentrierten Beobachten zur Verfügung haben (Pusch et al., 2024, S. 3). Die Schülerinnen und Schüler sitzen hierzu im Stuhlkreis. Dadurch können alle Schülerinnen und Schüler das Experiment beobachten. Für das Lernen von Bedeutung ist, dass Erkenntnisse nicht nur passiv, sondern aktiv angeeignet werden (Gold, 2015, S. 54). Dazu eignet sich das gelenkt-entdeckende Lernen, da die Lehrkraft zu Erkenntnissen hinleitet und bei zu offenem Lernen Fehlkonzepte gebildet werden können (Gold, 2015, S. 137). Da es im Besonderen beim Begriff Geschwindigkeit Fehlvorstellungen gibt, wird das Experiment im Plenum durchgeführt. Allerdings ist eine Lenkung der Lehrkraft von Bedeutung, um die Begriffe Tempo, Richtung und Geschwindigkeit einzuführen. Die Motivation wird gefördert, da die Schülerinnen und Schüler in den Prozess integriert werden (Hilmes & Troué, 2021, S. 27). Jeweils eine Schülerin oder ein Schüler startet einen Wagen. Bei der Ausrichtung und der Einstellung des Tempos können alle Schülerinnen und Schüler Ideen einbringen. Diese können im Plenum diskutiert werden, was zusätzlich den Schwerpunkt auf die Ausrichtung der Wagen, und damit die Richtung legt.

Im Anschluss an das Experiment wird der Geschwindigkeitspfeil eingeführt. Der Geschwindigkeitspfeil verdeutlicht, dass sich bei einer Geschwindigkeitsänderung nicht nur der Betrag ändert, sondern auch die Richtung (Spatz et al., 2018, S. 73). Dazu werden ausgedruckte Pfeile mit unterschiedlicher Länge verwendet (vgl. Anhang 2.1.3). Die Lehrkraft führt im Stuhlkreis ein, dass ein Geschwindigkeitspfeil die Richtung und das Tempo angibt. Die Tempobestimmung wird an einem Beispiel geübt. Dazu werden die Geschwindigkeitspfeile im Plenum nach der Geschwindigkeit sortiert. Zur Visualisierung der Richtung werden die Pfeile an den Wagen befestigt. Dies verdeutlicht, dass der Geschwindigkeitspfeil die momentane Bewegungsrichtung angibt (Spatz et al., 2018, S. 74). In Abhängigkeit von der Länge des Geschwindigkeitspfeils können unterschiedliche Tempos eingestellt werden. Der Wagen sollte durch eine Kurve fahren, sodass deutlich wird, dass der Geschwindigkeitspfeil fest ist. Damit wird auf die Fehlvorstellung: „Richtung als Bewegungsziel“ (Wiesner et al., 2016, S. 16) eingegangen. Dies wird durch die Lehrkraft präsentiert, da die Schülerinnen und Schüler beobachten sollen, wie sich der Geschwindigkeitspfeil bewegt.

Der Inhalt wird mit dem Arbeitsblatt AB 2.1 geübt, um sich die Inhalte anzueignen (Renkl, 2020, S. 16). Das Ziel ist, dass die Schülerinnen und Schüler die Autos nach der Geschwindigkeit ordnen. Dazu müssen sie anhand des Geschwindigkeitspfeils erkennen, wer die höhere Geschwindigkeit hat (vgl. Anhang 2.2.1). Damit soll die Bedeutung des Geschwindigkeitspfeils eingeübt werden. Zudem sollen sich die Schülerinnen und Schüler aktiv mit dem Lerngegenstand beschäftigen (vgl. Renkl, 2020, S. 6). Durch das Einüben werden mentale Ressourcen frei (Renkl, 2020, S. 17). Dies ist für die Einführung der Geschwindigkeitsänderung von Bedeutung, da hierbei flexibel auf Geschwindigkeitspfeile zurückgegriffen werden kann.

In der 4. Unterrichtsstunde wird der Begriff Geschwindigkeit mit der Übung zu den Geschwindigkeitspfeilen aus der Einführung wiederholt (vgl. Anhang 2.1.3). Damit wird wiederholt, dass die Länge des Geschwindigkeitspfeils die Geschwindigkeit angibt und die Geschwindigkeitspfeile in die gleiche Richtung zeigen müssen.

Im Anschluss haben die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, in Partnerarbeit das Spiel „Rennautos“ durchzuführen (vgl. Anhang 2.3.2). Jede Gruppe erhält 12 Geschwindigkeitspfeile (vgl. Anhang 2.3.2). Anhand der Geschwindigkeitspfeile sollen die Schülerinnen und Schüler zuordnen, welche Rennautos die gleiche Geschwindigkeit haben. Damit wird hervorgehoben, dass Bewegungen die gleiche Geschwindigkeit haben, wenn der Geschwindigkeitspfeil gleich ist. Zudem kann gelernt werden, dass die Richtung gleich sein muss, indem die Schülerinnen und Schüler die Autos in die gleiche Richtung legen. Die Partnerarbeit ist von Bedeutung, da ein Spiel von 2 Spielern gespielt wird. Das Spiel kann gleichermaßen mit 3 Spielerinnen und Spielern gespielt werden. Dadurch kann es flexibel an die Klassengröße angepasst werden. Das Spiel enthält eine quantitative Differenzierung (vgl. Krauthausen & Scherer, 2022, S. 17). Die Anzahl an Runden unterscheidet sich nach dem Leistungsniveau, indem der Umfang der Übung individuell angepasst werden kann (Krauthausen & Scherer, 2022, S. 17).

Anschließend wird im Plenum die Übung von Wiesner, Wilhelm, Waltner, Tobias, Rachel und Hopf zu Tempo, Richtung und Geschwindigkeit gemacht (vgl. Anhang 2.4). Die Übung verdeutlicht, dass gleiche Richtung nicht gleiches Ziel bedeutet (vgl. Wiesner et al., 2016, S. 29). Zudem wird deutlich, dass Autos die gleiche Geschwindigkeit haben, wenn sie das gleiche Tempo und die gleiche Richtung haben (Wiesner et al., 2016, S. 29). Im Besonderen die Fehlvorstellung „Geschwindigkeit

= Tempo/Schnelligkeit“ (Wiesner et al., 2016, S. 16) kann hierbei aufgegriffen werden. Dazu werden zuerst alle Autos an der Tafel notiert, die das gleiche Tempo haben, danach alle Autos, die die gleiche Richtung haben. Daraufhin werden alle Autos mit der gleichen Geschwindigkeit notiert. Auf Grundlage von Tempo und Richtung sollen die Schülerinnen und Schüler argumentieren, welche Autos die gleiche Geschwindigkeit haben. Die Übung bietet den Vorteil, dass Fehlvorstellungen diskutiert werden können. Dazu sollen die Schülerinnen und Schüler zunächst in Eigenaktivität überlegen, welche Autos die gleiche Geschwindigkeit haben. Dies wird im Plenum gesammelt. Damit sollen Konzepte weiterentwickelt werden (Gold, 2015, S. 137).

Im Anschluss ist eine Zwischensicherung. Hierbei werden die Begriffe Tempo und Geschwindigkeit definiert. In Partnerarbeit werden die Begriffe diskutiert und im Plenum Definitionen wiederholt. Damit sollen die Begriffe gefestigt werden. Dies ist Grundlage für die Einführung der Zusatzgeschwindigkeit.

### 4.1.3 Einheit 3: Die Zusatzgeschwindigkeit

#### 4.1.3.1 Aufbau der Einheit

Ziele der Unterrichtseinheit:

- Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass eine Einwirkung eine Zusatzgeschwindigkeit bewirkt.
- Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass jede Kraft eine Geschwindigkeitsänderung bewirkt.

Zeit	Ablauf	Methode/ Sozialform	Material
5 Minuten	Wiederholung Was ist Geschwindigkeit?	Plenum	
10 Minuten	Die Lehrkraft stellt Experiment „Torschuss“ vor Die Schülerinnen und Schüler notieren ihre Vermutungen auf dem Arbeitsblatt Sammlung der Vermutungen an der Tafel	Plenum Einzelarbeit	Tafel AB 4.11
15 Minuten	Experiment „Torschuss“ Die SuS kommen in den Stuhlkreis	Plenum	Tor Holzblock

	<p>Die Lehrkraft lässt die Kugel losrollen und eine Schülerin oder ein Schüler schießt vor dem Tor gegen die Kugel</p> <p>Die SuS beschreiben die Bewegung</p> <p>Neue Vermutungen sammeln und ausprobieren</p> <p>Beschreibung der Bewegung</p> <p>Die Lehrkraft führt die Begriffe Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit</p> <p>Auslegen der Karten zu der Bewegung</p>		Kugel Karten (vgl. Anhang 3.1.3)
5 Minuten	Die SuS beschreiben Beobachtungen	Einzelarbeit	AB 4.22
5 Minuten	<p>Erkenntnisse sammeln</p> <p>Eine Einwirkung bewirkt eine Änderung der Geschwindigkeit</p>	Plenum	

Tabelle 5: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 5

Quelle: Eigene Darstellung

<b>Zeit</b>	<b>Ablauf</b>	<b>Methode/ Sozialform</b>	<b>Material</b>
10 Minuten	<p>Experiment „Fußball“</p> <p>Die SuS kommen in den Kinositz.</p> <p>Zwei SuS schießen sich den Ball zu.</p> <p>Die anderen SuS beobachten die Bewegung des Balls.</p> <p>Beschreibung von Tempo und Richtung.</p> <p>Beschreibung der Geschwindigkeit.</p> <p>Wiederholung der Zusatzgeschwindigkeit an dem Beispiel</p> <p>Einführung des Begriffs Kraft. Jede Einwirkung bewirkt eine Kraft.</p>	Kinositz	Air-Fußball
10 Minuten	<p>An der Tafel wird das Quiz gemacht.</p> <p>Die SuS besprechen sich zunächst mit ihrem Sitznachbarn. Anschließend werden die Ideen im Plenum gesammelt.</p>	Kinositz	Tafel Quiz (vgl. Anhang 3.3)

20 Minuten	Test zur Unterrichtseinheit 1, 2 und 3	Einzelarbeit	Test (vgl. Anhang 4.1)
5 Minuten	Feedback der SuS zu Unterrichtseinheit	Einzelarbeit	

Tabelle 6: Verlaufsplan Unterrichtsstunde 6

Quelle: Eigene Darstellung

#### 4.1.3.2 Didaktisch-methodische Überlegungen

Ziel der Unterrichtseinheit ist, dass die Schülerinnen und Schüler den Begriff „Zusatzgeschwindigkeit“ und in diesem Zusammenhang den Begriff „Kraft“ beschreiben können.

Wie in den Unterrichtseinheiten 1 und 2 wird die Kompetenz „Erkenntnisgewinnung“ gefördert (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 17). Bei dem Experiment „Torschuss“ stellen die Schülerinnen und Schüler Vermutungen auf, wie sich die Kugel beim senkrechten Stoß bewegt. Die Vermutungen werden im Anschluss mit dem Experiment überprüft. Erkenntnisse sammeln die Schülerinnen und Schüler durch gezieltes Beobachten, wie sich die Kugel bewegt. Außerdem wird die „Erkenntnisgewinnung“ durch die Arbeitsblätter AB 4.11 und AB 4.12 nach dem Aufbau: „Vermutung sammeln, Beobachten und Erkenntnisse ziehen“ gefördert. Des Weiteren wird die „Kommunikationskompetenz“ gefördert (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 18). Die Schülerinnen und Schüler beschreiben ihre Erkenntnisse. Diese werden in geeigneter Form auf einem Arbeitsblatt festgehalten.

In der Unterrichtseinheit 3 werden unterschiedliche Elementarisierungen verwendet. Anknüpfend an Wilhelm und Hopf (2021, S. 63) wird der Begriff „Beschleunigung“ nicht verwendet. Anstelle des Begriffs „Beschleunigung“ wird der Begriff „Zusatzgeschwindigkeit“ verwendet, da die Schülerinnen und Schüler zu dem Begriff Beschleunigung einige Fehlvorstellungen haben (siehe Kapitel 4). Die Geschwindigkeitsänderung kann anstelle der Beschleunigung verwendet werden, da die Geschwindigkeitsänderung die gleiche Richtung wie die Durchschnittsbeschleunigung im Zeitintervall  $\Delta t$  hat (Wilhelm, 2021, S. 64). Allerdings wird der Begriff „Geschwindigkeitsänderung“ nicht verwendet, da dies eine Differenz darstellt, die für Schülerinnen und Schüler schwierig zu verstehen ist (Wilhelm, 2021,

S. 64). Stattdessen wird die Zusatzgeschwindigkeit eingeführt. Dies bietet die Möglichkeit, dass die Geschwindigkeitsänderung additiv dargestellt werden kann (Wilhelm, 2021, S. 64).

Die Zusatzgeschwindigkeit wird wie beim zweidimensionalen Konzept nach Wiesner, Wilhelm und Hopf mit einem Experiment zum senkrechten Stoß eingeführt, da Schülerinnen und Schüler zum Stoß keine entscheidenden Fehlvorstellungen besitzen (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 100). Der Begriff Kraft wird erst am Ende der Unterrichtseinheit eingeführt. Im Gegensatz zu dem Konzept von Wilhelm und Wiesner wird jedoch nicht die Bewegungsgleichung eingeführt, da dies die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler übersteigt. Durch das Experiment „Torschuss“ können die Schülerinnen und Schüler die Erkenntnis sammeln, dass jede Einwirkung eine Zusatzgeschwindigkeit bewirkt. Der Begriff „Geschwindigkeitsänderung“ wird nicht verwendet, da dieser eine Differenz darstellt (Wilhelm, 2021, S. 64). Auf der Grundlage der Zusatzgeschwindigkeit wird der Begriff Kraft eingeführt. Zudem wird Kraft über Stöße eingeführt. Damit wird Kraft mit der Einwirkung verbunden und nicht mit der Fähigkeit (Wilhelm, 2021, S. 84). Dies zielt darauf, dass Kraft mit Bewegungsänderungen verbunden wird (Wilhelm, 2021, S. 84). Allerdings wird der Begriff „Stoß“ nicht verwendet, um weniger Fachbegriffe zu verwenden, da hierbei kognitive Kapazitäten beansprucht werden (vgl. Gold, 2015, S. 56). Das Ziel ist, dass Kraft mit Bewegungsänderungen verbunden wird.

Die 5. Unterrichtsstunde startet mit einer Wiederholung des Begriffs Geschwindigkeit, da dieser eine Grundlage für Geschwindigkeitsänderungen ist (Jung et al., 1977, S. 9). Daraufhin wird das Experiment „Torschuss“ durchgeführt. Dazu treffen sich die Schülerinnen und Schüler im Stuhlkreis. Eine zentrale Fehlvorstellung ist, dass Bewegung und Kraft die gleiche Richtung haben (Wilhelm, 2021, S. 73). Mit dem Experiment wird verdeutlicht, dass Bewegungsrichtung und Kraft nicht identisch sind (Spatz et al., 2018, S. 74). Für die Aktivierung ist es von Bedeutung, die Schülerinnen und Schüler selbstständig ausprobieren zu lassen (Gold, 2015, S. 69). Daher stößt eine Schülerin oder ein Schüler gegen die Kugel und die anderen Schülerinnen und Schüler beobachten, wie sich die Kugel bewegt. Die Schülerinnen und Schüler haben eine feste Vorstellung, wie sich die Kugel bewegt. Mit dem Experiment soll vor allem ein „Conceptual Change“ (Möller, 2022, S. 264) ermöglicht werden. Das Experiment verdeutlicht, dass die Schülervorstellung „Kräfte wirken in Richtung der Bewegung“ (Wiesner et al., 2016, S. 16) nicht korrekt ist. Dadurch

wird eine Unzufriedenheit mit vorhandenen Konzepten erzeugt (Möller, 2022, S. 264). Dies ist wichtig, um einen Wechsel der Schülervorstellungen zu erreichen (Wilhelm & Schecker, 2018, S. 43). Daher werden zunächst die Vorstellungen gesammelt und schriftlich festgehalten, damit ein Vergleich zwischen Vorstellung und Experiment gezogen werden kann (Wilhelm & Schecker, 2018, S. 43). Dazu füllen die Schülerinnen und Schüler das Arbeitsblatt AB 4.11 aus (vgl. Anhang 3.1.2.1). Die Vermutungen werden im Plenum gesammelt und an der Tafel notiert. Hierbei ist es wichtig, Schülervorstellungen nicht als richtig oder falsch einzuordnen, damit Schülerinnen und Schüler motiviert werden, ihre Vorstellungen vorzutragen (Wilhelm & Hopf, 2018, S. 44). Die Vorstellungen werden vergleichend nebeneinander geordnet, ohne diese zu bewerten (Wilhelm & Schecker, 2018, S. 48). Anschließend wird das Experiment im Plenum durchgeführt. Dies hat den Vorteil, dass Fehlvorstellungen diskutiert werden können. Das Experiment kann auch in Partner- oder Gruppenarbeit durchgeführt werden. Allerdings können bei sehr langsamen Rollen der Kugel oder ungenauen Winkeln Fehlvorstellungen bestärkt werden. Zudem können bei zu komplexen Aufgaben oder zu wenig Unterstützung der Schülerinnen und Schüler konzeptuelle Wechsel nicht erreicht werden (Möller, 2022, S. 266). Der Stuhlkreis bietet sich für das Experiment an, da er eine genügend große Fläche für das Experiment bietet. Wichtig ist, dass der Boden gerade ist, damit die Kugel annähernd eine geradlinige Bewegung ausführen kann. Bei dem Experiment können die Schülerinnen und Schüler beobachten, dass ein Stoß zu einer Änderung der Bewegung führt (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 85). Zudem wird deutlich, dass sich die Kugel nicht in Richtung des Stoßes bewegt (Wilhelm & Hopf, 2021, S. 85). Dies stellt einen Widerspruch zu dem Fehlkonzept dar, dass die Kugel in Stoßrichtung rollt. Die Schülerinnen und Schüler beschreiben zunächst im Plenum die Bewegung der Kugel. Danach werden erneut Vermutungen gesammelt, wie gegen die Kugel gestoßen werden könnte, sodass die Kugel ins Tor rollt. In diesem Zusammenhang führt die Lehrkraft die Begriffe „Anfangsgeschwindigkeit“, „Endgeschwindigkeit“ und „Zusatzgeschwindigkeit“ ein. Dazu werden die Begriffe auf Karten zu der Bewegung ausgelegt (vgl. Anhang 3.1.3). Dies ist von Bedeutung, da zur Entwicklung von Konzepten Ergebnisse strukturiert werden (Möller, 2022, S. 265). Zusätzlich wird die Bewegung an der Tafel visualisiert. Dadurch wird verdeutlicht, dass sich die Geschwindigkeit am Anfang und am Ende

unterscheidet. Hierbei werden die Begriffe „Anfangsgeschwindigkeit“, „Endgeschwindigkeit“ und „Zusatzgeschwindigkeit“ von den Schülerinnen und Schülern zugeordnet. Damit werden unterschiedliche Zugänge (ikonisch und handelnd) ermöglicht. In diesem Zusammenhang wird von der Lehrkraft hervorgehoben, dass eine Einwirkung eine Zusatzgeschwindigkeit bewirkt.

Das Experiment wird mit der Methode des gelenkt-entdeckenden Lernens durchgeführt. Dies ist darin begründet, dass ohne domänenspezifisches Vorwissen Entdeckungen nicht gemacht werden können (Bruner, 1961, zitiert nach Wiesner et al., 2016, S. 20). Daraus resultiert für die Einführung in die Mechanik, dass Begriffe durch die Lehrkraft eingeführt und Zusammenhänge im Experiment entdeckt werden. Mit dem durch die Lehrkraft vermittelten Vorwissen, sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, problemhaltige Strukturen selbstständig zu entdecken (Wiesner et al., 2016, S. 20). Die Schülerinnen und Schüler können beobachten, dass eine Einwirkung zur Änderung des Tempos und der Richtung führt. Die Lehrkraft leitet die Schülerinnen und Schüler zu Erklärungen an. Vor allem selbstständige Beschreibungen sind wichtig, um Denkprozesse anzuregen (Gold, 2015, S. 79). Im Anschluss sollen die Schülerinnen und Schüler ihre Beobachtungen und Erkenntnisse auf dem Arbeitsblatt AB 4.12 beschreiben oder skizzieren, um den Inhalt zu festigen (vgl. Anhang 3.1.2.1). Die Erkenntnis ist als Lückentext formuliert, damit auf die Einwirkung eingegangen wird. Damit soll der Schwerpunkt auf die zentralen Erkenntnisse gelegt werden.

In der 6. Unterrichtsstunde werden konkrete Beispiele zur Zusatzgeschwindigkeit betrachtet. Dadurch soll deutlich werden, dass jede Einwirkung eine Zusatzgeschwindigkeit bewirkt. Außerdem verdeutlicht das Experiment, dass für jede Geschwindigkeitsänderung eine Kraft notwendig ist. Nach einer kurzen Wiederholung der Begriffe Geschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit wird das Experiment „Air-Ball“ durchgeführt (vgl. Anhang 3.2). Das Experiment zeigt, dass jede Einwirkung eine Änderung der Geschwindigkeit bewirkt. Für das Experiment wird ein Air-Fußball verwendet, da mit dem Air-Fußball gleichförmige Bewegungen betrachtet werden können (vgl. Abb. 7). Damit kann verdeutlicht werden, dass der Air-Fußball ohne Einwirkung seine Bewegung nicht ändert. Jedoch ist eine Schwierigkeit,



Abbildung 7: Experiment "Air-Fußball"

Quelle: Eigene Darstellung

dass sich der Air-Fußball bei genügend Kraft in Schießrichtung bewegt. Das Experiment sollte erst nach dem Experiment „Torschuss“ durchgeführt werden, um keine Fehlkonzepte zu Bewegungsrichtung und Stoßrichtung zu entwickeln. Die Schülerinnen und Schüler sitzen im Kinositz und zwei Schülerinnen und Schüler schießen sich den Ball zu. Der Kinositz hat den Vorteil, dass die Aufmerksamkeit gezielt auf die Bewegung gelenkt werden kann (Pusch et al., 2024, S. 3). Die Schülerinnen und Schüler haben den Auftrag, gezielt zu beobachten, wann sich die Geschwindigkeit des Balls ändert. Im Plenum werden die Beobachtungen gesammelt. Das Ziel ist, dass die Schülerinnen und Schüler beschreiben können, dass jede Einwirkung zu einer Änderung der Bewegung führt. Zudem wird im Plenum darüber diskutiert, ob sich bei der Bewegung die Richtung oder das Tempo ändern. Dies bietet sich an, da in der Interaktion Wissen angeeignet wird (Renkl, 2020, S. 7). Hierbei können die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass sich die Richtung und das Tempo ändern, wenn gegen den Ball geschossen wird. Dies bietet eine Grundlage, um zu beurteilen, ob sich die Geschwindigkeit ändert. Anknüpfend daran, dass sich beim Schießen gegen den Ball die Geschwindigkeit ändert, wird der Begriff „Kraft“ von der Lehrkraft eingeführt. Zur Visualisierung wird die Bewegung an der Tafel angezeichnet. Die Begriffe „Anfangsgeschwindigkeit“, „Endgeschwindigkeit“ und „Zusatzgeschwindigkeit“ werden zugeordnet. Daran anschließend wird der Merksatz: „Eine Kraft bewirkt eine Zusatzgeschwindigkeit“ notiert.

Eine Alternative wäre, dass das Experiment im Stehkreis gemacht wird. Hierbei wird der Air-Ball im Kreis herumgeschossen. Dies hat den Vorteil, dass die Schülerinnen und Schüler kontextgebunden Wissen strukturieren (Renkl, 2020, S. 7). Allerdings beanspruchen kognitive Aktivitäten das Arbeitsgedächtnis (Gold, 2015, S. 56). Dadurch könnte die Konzentration auf dem Spiel liegen, was dazu führt, dass Erkenntnisse nicht gesammelt werden (vgl. Pusch et al., 2024, S. 3). können Daher wird das Experiment im Kinositz durchgeführt.

Im Anschluss wird der Zusammenhang von Kraft und Zusatzgeschwindigkeit im Plenum geübt. Dazu werden Quizaufgaben mit unterschiedlichen Bewegungen verwendet, da durch unterschiedliche Beispiele Wissen angeeignet wird (Renkl, 2020, S. 16). Die erste Aufgabe ist äquivalent zu dem Experiment „Torschuss“. Hierbei werden Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit wiederholt. Damit soll allen Schülerinnen und Schülern ein Einstieg in das Quiz gelingen. Danach wird auf die Kraft eingegangen. An unterschiedlichen Beispielen

bewerten die Schülerinnen und Schüler, ob eine Kraft wirkt, wodurch die Schülerinnen und Schüler einüben sollen, dass eine Kraft eine Zusatzgeschwindigkeit bewirkt. Hierbei sollte genügend Zeit zur Verfügung gestellt werden, da mehrere Schritte gemacht werden müssen. Daher tauschen sich die Schülerinnen und Schüler zuerst mit dem Sitznachbarn aus und beurteilen, ob es eine Zusatzgeschwindigkeit gibt. Auf dieser Grundlage wird überlegt, ob eine Kraft wirkt. In den weiteren Beispielen wird direkt nach der Kraft gefragt. Dies hat den Vorteil, dass unsichere Schülerinnen und Schüler ihre Ideen bestätigen. Zudem können unterschiedliche Meinungen diskutiert werden. Eine Möglichkeit zur Variation wäre, unterschiedliche Meinungen aufzugreifen und im Plenum zu diskutieren. Zur Erklärung der Aufgaben sind Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit eingezeichnet. Dies bietet im Besonderen für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler eine Visualisierung. Eine Alternative wäre, die Begriffe Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit erst zuzuordnen. Auf dieser Grundlage kann argumentiert werden, ob eine Kraft wirkt. Dies bietet sich an, wenn die Lerngruppe leistungsschwächer ist, da Zusammenhänge schrittweise hergestellt werden. Die Beispiele sind so gewählt, dass ein Lebensweltbezug hergestellt wird. Zum Beispiel wird ein Fußballspiel oder das Spielen mit Murmeln aufgegriffen. Damit wird auf die Interessen der Schülerinnen und Schüler eingegangen, wodurch die Motivation gefördert wird (Schiefele & Schaffner, 2020, S. 175).

Abgeschlossen wird die Unterrichtseinheit mit einem Test (vgl. Anhang 4.1). Die Aufgaben sind an die Aufgabenformate der Unterrichtsstunden angepasst, sodass Leistungen verglichen werden können. Hierbei werden vor allem Verständnisaufgaben verwendet. Zunächst sollen die Schülerinnen und Schüler das Tempo definieren, wodurch überprüft werden soll, ob die Schülerinnen und Schüler das Tempo mit der Geschwindigkeit gleichsetzen. Im Anschluss werden zwei Aufgaben zur Bestimmung des Tempos bearbeitet. Zum einen wird das Tempo bei gleichem Weg und unterschiedlicher Zeit und zum anderen das Tempo bei unterschiedlichem Weg und gleicher Zeit bestimmt. Zudem soll begründet werden, wie das Tempo bestimmt wurde. Dadurch sollen Zusammenhänge zwischen Weg, Zeit und Tempo hergestellt werden. Bei der Aufgabe 5 (AB 5.12) wird auf die Fehlvorstellung „Geschwindigkeit = Tempo/Schnelligkeit“ eingegangen. Hierbei sollen die Schülerin-

nen und Schüler Aussagen bezüglich des Tempos und der Geschwindigkeit bewerten und falsche Aussagen verbessern. Dies soll verdeutlichen, ob die Schülerinnen und Schüler Tempo und Geschwindigkeit unterscheiden können. Die Aufgabe 6 überprüft das Verständnis des Geschwindigkeitspfeils. Hierbei sollen die Schülerinnen und Schüler anhand des Geschwindigkeitspfeils bestimmen, wer die gleiche Geschwindigkeit hat. Zuletzt sollen die Schülerinnen und Schüler einzeichnen, in welche Richtung sich eine Kugel bei einem senkrechten Stoß bewegt. Damit soll überprüft werden, ob die Schülerinnen und Schüler das Konzept „Kräfte wirken in Richtung der Bewegung“ (Wiesner et al., 2016, S. 16) haben oder das Konzept entwickeln konnten, dass sich die Kugel nicht in Stoßrichtung bewegt. Zudem soll ein Lückentext ausgefüllt werden, bei dem Zusammenhänge zwischen Einwirkung, Zusatzgeschwindigkeit und Kraft hergestellt werden sollen.

#### **4.2 Reflexion der Unterrichtseinheit**

Das im vorausgegangenen Kapitel vorgestellte und ausgearbeitete Konzept auf Grundlage von Jung, Wiesner, Wilhelm und Hopf wurde von der Verfasserin in einer 4. Klasse einer hessischen Grundschule durchgeführt. Die Klasse besteht aus 21 Schülerinnen und Schülern, wovon 9 Mädchen und 12 Jungen sind. Davon haben an den kompletten Unterrichtsstunden 17 Schülerinnen und Schüler teilgenommen. Ein Vorteil war, dass ich die Klasse bereits aus einem Praktikum kannte, wodurch auf beiden Seiten die Rahmen des Unterrichts vertraut waren. Die Durchführung der Unterrichtseinheiten war im Zeitraum von 3 Wochen auf 6 Unterrichtsstunden verteilt. Die Klassenlehrkraft war hierbei größtenteils dabei, hielt sich jedoch im Hintergrund auf.

Im Folgenden ist die Auswertung und Reflektion der selbst entwickelten und durchgeführten Unterrichtseinheit zu „Bewegung und Kraft“. Die Unterrichtsstunden werden in Bezug auf die Eignung zur Entwicklung anschlussfähiger Konzepte zu den Begriffen Tempo, Geschwindigkeit, Zusatzgeschwindigkeit und Kraft reflektiert. Auf dieser Grundlage werden Verbesserungsvorschläge gegeben und Materialien diesbezüglich angepasst.

## 4.2.1 Einheit 1: Das Tempo

### 4.2.1.1 Unterrichtsstunde 1

Das Lernziel der Unterrichtsstunde 1 ist, dass die Schülerinnen und Schüler den Begriff Tempo erläutern und zwischen den Relationen schneller und langsamer unterscheiden können. Im Folgenden wird genauer darauf eingegangen, inwieweit die einzelnen Elemente zur Erreichung der Ziele geeignet waren.

Der Einstieg mit der Mindmap war geeignet, um das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu sammeln. Dabei hatten die Schülerinnen und Schüler viele unterschiedliche Ideen, die in der Mindmap strukturiert werden konnten (vgl. Abb. 8). Hierbei war die Einzelarbeit geeignet, da individuelles Vorwissen gesammelt werden konnte.

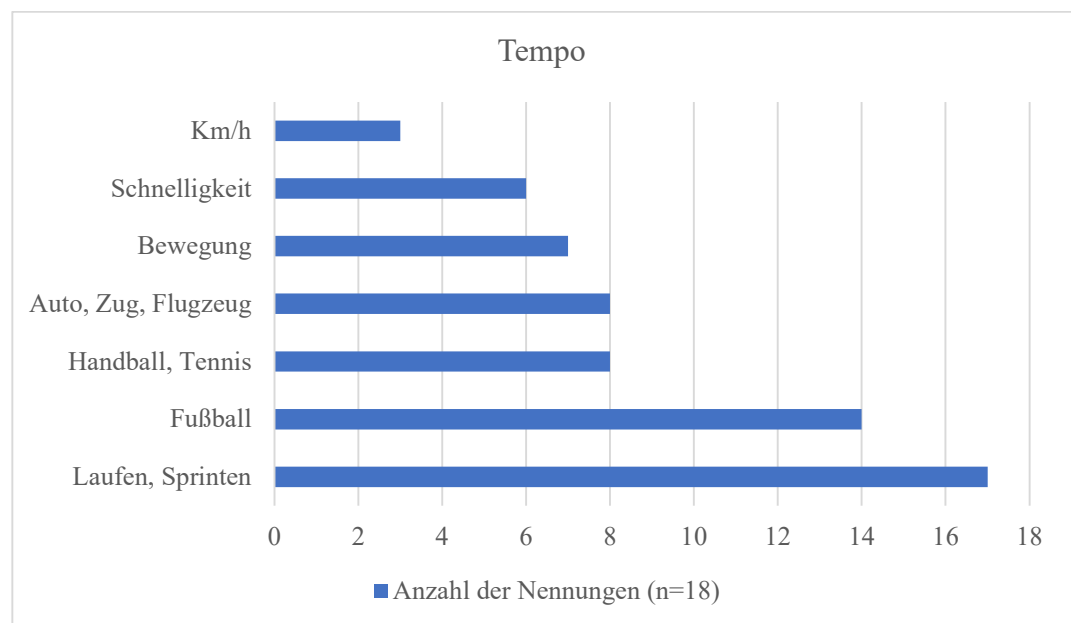


Abbildung 8: Lösungen AB 1.1

Quelle: Eigene Darstellung

Die Abbildung 8 zeigt die am häufigsten genannten Antworten der Schülerinnen und Schüler in der Mindmap. Aus dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler lässt sich folgern, dass im Besonderen Bewegungen wie das Laufen oder Sprinten mit Tempo verbunden werden, da von 18 Schülerinnen und Schülern 17 den Begriff Tempo mit dem Laufen oder Sprinten verknüpft (vgl. Abb. 8). Dies zeigt, dass vor allem schnelle Bewegungen mit dem Tempo verbunden werden. Nur wenige Schülerinnen und Schüler haben zum Beispiel einen Bezug zur Einheit oder dem Betrag hergestellt, woraus sich schlussfolgern lässt, dass der Begriff vor allem alltags-sprachlich verwendet wird. Im Besonderen wurde deutlich, dass mit der Aufgabe

an individuelles Vorwissen angeknüpft werden kann, da alle Schülerinnen und Schüler Bezüge zu ihren Hobbys hergestellt haben. Die meistgenannte Antwort war Fußball (vgl. Abb. 8). Dahinter folgt Handball und Tennis (vgl. Abb. 8). Zudem stellen ungefähr die Hälfte der Schülerinnen und Schüler einen Bezug zu Fahrzeugen her (vgl. Abb. 8). Besonders häufig wurden Auto, Zug oder Flugzeug genannt. Dies sind im Besonderen Fahrzeuge mit einem hohen Tempo, was zeigt, dass das Tempo mit höher Schnelligkeit verbunden wird. Den Begriff Schnelligkeit haben ein Drittel der Schülerinnen und Schüler genannt (vgl. Abb. 8). Dies zeigt, dass ein Drittel der Schülerinnen und Schüler bereits mit einer korrekten Definition von Tempo in die Unterrichtsstunde kommen. Interessant war, dass keine Schülerin oder kein Schüler den Begriff Geschwindigkeit genannt hat. Dies zeigt, dass das Tempo nicht direkt mit dem Begriff Geschwindigkeit verknüpft ist. Lediglich die Klassenlehrkraft der Klasse hat den Begriff Tempo mit Geschwindigkeit gleichgesetzt. Daraus lässt sich folgern, dass gerade Lehrkräfte Fehlkonzepte bewirken können. Die Ideen der Schülerinnen und Schüler wurden im Anschluss Plenum gesammelt. Den Schülerinnen und Schülern viel es leicht Bewegungen zu nennen, bei denen Tempo eine besondere Rolle spielt. Allerdings hatten einige Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten zu beschreiben, woran sie das Tempo erkennen. Mit gezielten Fragen wie „Wo zeigt sich das Tempo?“ oder „Was bewegt sich?“ konnte der Zusammenhang zwischen Tempo und Bewegung herausgearbeitet werden. Zum Beispiel haben die Schülerinnen und Schüler anstelle des oberflächlichen Begriffs „Fußball“ das Rennen oder das Schießen des Fußballs genannt. Dies zeigt, dass gezielte Fragen zur Beschreibung der Bewegung von Bedeutung sind, um den Zusammenhang zwischen Tempo und Bewegung herauszuarbeiten.

In Anschluss an das Sammeln des Vorwissens wurde der Begriff Tempo definiert. Damit hatten einige Schülerinnen und Schüler zunächst Schwierigkeiten, was sich an der zurückhaltenden Beteiligung zeigt. Ein Schüler hat den Begriff Tempo mit Schnelligkeit definiert. Dies wurde aufgegriffen und an der Tafel der Merksatz: „Das Tempo gibt an, wie schnell sich etwas bewegt“ notiert. Allerdings sollte aufgrund der Rückhaltung die Einführung der Definition angepasst werden. Eine andere Möglichkeit wäre, die Definition als Lückentext einzuführen, sodass zum Beispiel nur der Begriff „Schnelligkeit“ eingefügt werden muss. Durch die Vorstrukturierung kann die Komplexität reduziert werden (Gold, 2015, S. 78). Ebenso

könnte die Definition vorgegeben werden. Allerdings ist hierbei die kognitive Aktivierung gering, da die Schülerinnen und Schüler nicht selbstständig Zusammenhänge herstellen (vgl. Gold, 2015, S. 55).

Das Experiment „Zeitstoppen“ hat gut funktioniert. Jeweils eine Schülerin oder ein Schüler hat pro Runde die Zeit gestoppt und eine Schülerin oder ein Schüler ist jeweils gelaufen. Das Experiment im Plenum durchzuführen war geeignet, da dies flüssig und geordnet abgelaufen ist. Hierbei war eine hohe Beteiligung von leistungsschwächeren und leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern. Dies zeigt, dass der Inhalt auf unterschiedlichen Leistungsniveaus Zugang ermöglicht hat. An dem hohen Interesse und der hohen Beteiligung zeigt sich, dass mit dem Experiment vor allem die Motivation gefördert wurde (vgl. Schiefele & Schaffner, 2020, S. 168). Beim Experiment haben die Schülerinnen und Schüler bewusst ein langsames oder schnelles Tempo gewählt. Im Besonderen durch die Variation des Tempos durch die Schülerinnen und Schüler wurde deutlich, dass es schnelle und langsame Tempos gibt.

Des Weiteren war der Aufbau der Arbeitsblätter AB 1.21 und AB 1.22 erfolgreich (vgl. Anhang 1.2.2). Hierbei war es geeignet, dass die Schülerinnen und Schüler nicht den Namen zu der gelaufenen Zeit notiert haben. Dadurch stand nicht der Schüler oder die Schülerin, sondern das Tempo im Vordergrund. Im Anschluss an das Experiment haben die Schülerinnen und Schüler in jeder Zeile die schnellste Zeit blau und die langsamste Zeit rot markiert (vgl. Abb. 9).

Beobachtung			
	Person 1	Person 2	Person 3
1.	2,09	1,68	1,17
2.	8,19	5,83	1,70
3.	1,61	8,65	1,58
4.	9,01	2,76	1,89
5.	60,61	8,93	1,41,97

Abbildung 9: AB 1.32 Lösung der SuS

Quelle: Eigene Darstellung

Bei der Bestimmung des schnellsten und langsamsten Tempos hatten die Schülerinnen und Schüler keine Schwierigkeiten, was zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler die Relationen schneller, langsamer und gleich schnell korrekt verwenden können. Zur Erklärung haben die Schülerinnen und Schüler angegeben, dass derjenige am schnellsten ist, der die kürzeste Zeit hat. Dies verdeutlicht, dass Erklärungen und Begründungen von Bedeutung sind, damit Zusammenhänge hergestellt werden. In der Auswertung des Arbeitsblatts hat sich gezeigt, dass einige Schülerinnen und Schüler nicht wissen, wie Zeitangaben notiert werden (vgl. Abb. 9). Einige Schülerinnen und Schüler verwenden 2 Kommas (vgl. Abb. 9). Daher sollte zunächst geübt werden, wie Zeitangaben notiert werden. Zum Beispiel können die Zeiten an der Tafel dokumentiert werden, sodass richtige Schreibweisen verwendet werden.

Die Schülerinnen und Schüler hatten Interesse daran, die Weglänge zu variieren. Daher wurde nach jeder Runde die Weglänge verändert. Dies hatte den Vorteil, dass deutlich wurde, dass die Zeiten nur bei Runden mit gleichem Weg verglichen werden können. Daher sollte die Variation des Weges in das Experiment eingeplant werden. Die Länge des Experiments hat gut gepasst, da die Aufmerksamkeit konstant hoch war. Allerdings war die Anzahl an Schülerinnen und Schülern, die sich bereiterklärt haben für das Experiment zu laufen, höher als auf dem Arbeitsblatt vorgegeben. Eine weitere Runde hätte den Vorteil, dass mehr Schülerinnen und Schüler laufen können, jedoch hat das Experiment bereits einige Zeit in Anspruch genommen. Daher haben wir zusätzlich die Person, die die Zeit stoppt, gewechselt, wodurch alle Schülerinnen und Schüler integriert wurden. In der Durchführung hat sich gezeigt, dass das Experiment abhängig von der Laufdauer der Schülerinnen und Schüler ist. Die Schülerinnen und Schüler sind zwischen 5 Sekunden und 2 Minuten gelaufen. In der Unterrichtsstunde war die Anzahl an fünf Runden passend. Jedoch kann durch die Anzahl an Runden flexibel das Experiment gekürzt oder verlängert werden. Eine weitere Möglichkeit, damit mehr Schülerinnen und Schüler laufen können, wäre, das Experiment in Gruppen durchzuführen. Hierfür müssten jedoch Raumkapazitäten und Stoppuhren zur Verfügung stehen. Dadurch können die Schülerinnen und Schüler öfter laufen und somit selbstständig unterschiedliche Tempos ausprobieren. Allerdings sollte die Klasse hierfür in der Lage sein eigenständig zu arbeiten.

Der Vergleich des Tempos mit den Relationen schneller/langsamer hat sehr gut funktioniert, was sich darin zeigt, dass alle Schülerinnen und Schüler anhand der Zeiten entscheiden konnten, wer am schnellsten und langsamsten ist. Dies zeigt, dass das Experiment sehr gut geeignet ist, um das Tempo in Bezug auf die Relationen schneller/langsamer zu vergleichen. Durch den Vergleich der Tempos im Plenum konnte gemeinsam erarbeitet werden, dass es auf den Weg und die Zeit ankommt.

Bei der Vorstellung des Themas „Bewegung und Kraft“ war das Interesse der Schülerinnen und Schüler zunächst mäßig. Jedoch stieg die Motivation mit den Experimenten. Am Ende der Unterrichtsstunde haben einige Schülerinnen und Schüler rückgemeldet, dass im Besonderen das Experiment viel Spaß gemacht hat. Dies zeigt, dass mit der Unterrichtsstunde das Interesse geweckt werden kann.

Des Weiteren war die Unterrichtsstunde in Bezug auf die Differenzierung gut geeignet. Durch das Sammeln des Vorwissens konnte jeder Schüler und jede Schülerin auf seinem oder ihrem Niveau Ideen sammeln. Dabei unterschied sich die Anzahl an Begriffen. Dies zeigt, dass die Aufgabe eine quantitative Differenzierung bietet (vgl. Krauthausen & Scherer, 2022, S. 17). Leistungsstarke Schülerinnen und Schüler waren zum Beispiel in der Lage, den Begriff Tempo mit unterschiedlichen Bewegungen zu beschreiben, während leistungsschwache Schülerinnen und Schüler einzelne Beispiele genannt haben.

Verbesserungspotential zeigte sich in der sprachlichen Gestaltung. Eine Schwierigkeit war das sprachliche Verständnis der Schülerinnen und Schüler mit DAZ. Diese hatten sprachliche Schwierigkeiten mit dem Begriff Tempo. Zwei Schüler konnten zunächst nicht die Mindmap ausfüllen, da sie den Begriff „Tempo“ nicht kannten. Eine Alternative wäre, den Begriff „Tempo“ mit „Schnelligkeit“ zu ersetzen. Allerdings wird damit möglicherweise ein langsames Tempo nicht als Tempo erkannt, da dies nicht mit dem Begriff „Schnelligkeit“ verbunden wird. Eine weitere Möglichkeit wäre die Definition des Begriffs „Tempo“ vor dem Ausfüllen der Mindmap. Allerdings ist dies nicht zielführend, da Vorwissen vorweggenommen wird. Eine geeignetere Möglichkeit ist, den Begriff „Tempo“ in der jeweiligen Sprache anzugeben, da keine zusätzlichen Erklärungen nötig sind.

#### 4.2.1.2 Unterrichtsstunde 2

Das Ziel der zweiten Unterrichtsstunde war, dass die Schülerinnen und Schüler anhand von Weg und Zeit das Tempo vergleichen können, um einen physikalisch aufbaufähigen Begriff von Tempo zu erwerben. Der Vergleich des Tempos bei gleichem Weg und unterschiedlicher Zeit ist den Schülerinnen und Schülern gut gelungen. Der Vergleich des Tempos bei unterschiedlichem Weg und gleicher Zeit war jedoch schwieriger. Im Folgenden werden die Erkenntnisse in Bezug auf die Unterrichtsmaterialien genauer ausgeführt.

Das Experiment „Wägen auf gleichem Weg in unterschiedlicher Zeit“ hat zu einer hohen Motivation beigetragen. Dies zeigte sich am großen Interesse der Schülerinnen und Schüler, die Wägen zu starten. Außerdem hat die Durchführung des Experiments gut funktioniert. Die Schülerinnen und Schüler waren sich einig, welcher Wagen schneller ist. Da das Experiment äquivalent zu dem Experiment „Zeitstoppen“ ist, zeigt dies, dass die Lernziele der ersten Unterrichtsstunde erreicht wurden. Den Schülerinnen und Schülern ist es gelungen, das Wissen aus dem Experiment „Zeitstoppen“, auf das Experiment „Wägen auf gleichem Weg in unterschiedlicher Zeit“ anzuwenden. Das Begründen fiel den Schülerinnen und Schülern zunächst schwierig. Allerdings wurde in den Beschreibungen deutlich, dass es auf die Zeit und den Weg ankommt. Hierbei könnten zusätzliche Unterstützungen eingeplant werden, wodurch das Begründen vereinfacht werden kann. Zum Beispiel könnte schrittweise vorgegangen werden. Zunächst wird der Weg betrachtet und anschließend die Zeit. Daraus kann geschlussfolgert werden, wer schneller ist.

Das zweite Experiment „Wägen auf unterschiedlichem Weg in gleicher Zeit“ (vgl. Anhang 1.3.1) hat weniger gut funktioniert. Eine Schwierigkeit war vor allem das Einstellen des Tempos der Wägen, sodass beide Wägen unterschiedliche Wege fahren und zur gleichen Zeit im Ziel sind. Hierzu wurden mehrere Versuche zum Einstellen der Wägen benötigt. Dadurch war die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler nicht konstant auf dem Experiment. Schließlich ist es annähernd gelungen, dass beide Wägen gleichzeitig ins Ziel fahren. Die Schülerinnen und Schüler haben erkannt, welcher Zug schneller war, waren jedoch unsicher in der Argumentation. Die Schüler und Schülerinnen haben vor allem mit dem eingestellten Tempo argumentiert. Da auf den Wägen Tempoanzeigen sind (vgl. Abb. 10) konnte daraus re-

sultiert werden, welcher Zug das höhere Tempo hat. Zudem wurde durch das mehrfache Einstellen des Tempos deutlich, dass ein Zusammenhang mit dem eingestellten Tempo besteht. Aus diesem Grund habe ich das Experiment mit abgeklebter Tempoanzeige wiederholt. Dies hat sich besonders in der Argumentation der Schülerinnen und Schüler widerspiegelt. Dadurch sind die Schülerinnen und Schüler in der Argumentation deutlich stärker auf den Weg und die



Abbildung 10: Tempoanzeige

Quelle: Eigene Darstellung

Zeit eingegangen. Daher ist zu empfehlen, für das Experiment Objekte ohne Tempoanzeige oder mit abgeklebter Tempoanzeige zu verwenden. Durch die vermehrten Anläufe ist Lernzeit verloren gegangen. Eine Alternative wäre, wenn vorhanden, drei Wägen einzustellen. Hierbei kann zuvor die Weglänge abgemessen und die Wägen entsprechend eingestellt werden. Damit müssen in der Demonstration des zweiten Experimentes die Wägen lediglich platziert werden. Für das Experiment kann ein Wagen ausgetauscht werden, sodass das Tempo nicht eingestellt werden muss. Eine Alternative ist ein Video zu verwenden. Dies ist vor allem bei technischen Schwierigkeiten der Wägen von Bedeutung.

Im Anschluss wurde das dritte Experiment „Wägen auf unterschiedlichem Weg in unterschiedlicher Zeit“ durchgeführt. Dabei sind die Wägen unterschiedliche Wege in unterschiedlicher Zeit gefahren. Hierbei war das Tempo der Wägen abgeklebt. Dabei haben die Schülerinnen und Schüler geraten, welcher Zug schneller ist, was sich darin zeigte, dass, obwohl es zu wenig Angaben gab, die Schülerinnen und Schüler versucht haben, das Tempo zu bestimmen. Dies könnte daran liegen, dass ähnlich wie bei Kapitänsaufgaben eine Lösung der Aufgabe gesucht wird (Götze, o. D., o. S.). Zudem zeigt sich die Schwierigkeit, dass sich die Schülerinnen und Schüler nicht auf die Bedingungen der Aufgabe einlassen (Jung et al., 1977, S. 48). Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass ein Tempo eingestellt worden ist und lassen sich nicht darauf ein, dass anhand von Weg und Zeit nicht bestimmt werden kann, wer das höhere Tempo hat. Im Vergleich des Tempos wurden beide Wägen genannt. Dies zeigt, dass das Experiment in der Durchführung gut funktioniert hat, da das Tempo nicht anhand einer deutlich schnelleren Bewegung begründet wurde. Eine Verknüpfung zwischen Weg und Zeit ist den Schülerinnen und Schülern jedoch nicht gelungen. Daraus lässt sich schließen, dass nicht deutlich wurde, welche Angaben zur Bestimmung des Tempos benutzt werden. Daher sollten zusätzliche

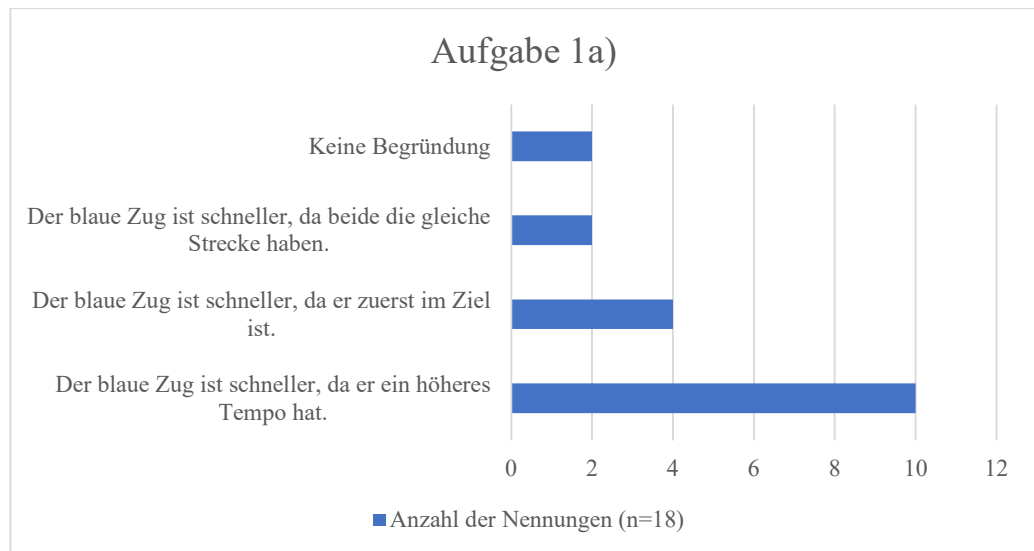
Visualisierungen, wie in Anhang 1.3.2 verwendet werden. An der Tafel können zum Beispiel Karten mit den Begriffen Weg und Zeit gehangen werden (vgl. Anhang 1.3.2). Dadurch kann nach jedem Experiment ein Bezug zur Darstellung hergestellt werden. Da die Schülerinnen und Schüler zunächst nicht auf die Begriffe Weg und Zeit eingegangen sind, habe ich die Begriffe aufgegriffen. Dadurch wurde im Plenum zunächst der Weg und danach die Zeit verglichen. Durch das strukturierte Vorgehen konnte herausgearbeitet werden, dass weder Weg noch Zeit gleich sind. Die Schlussfolgerung, dass das Tempo daher nicht bestimmt werden kann, war für einige Schülerinnen und Schüler nicht schlüssig. Dies könnte daran liegen, dass zuvor ein Tempo an den Wägen eingestellt wurde, wodurch die Schülerinnen und Schüler wissen, dass ein Wagen mit einem höheren Tempo eingestellt wurde. Dies stellt einen Widerspruch zu der Aussage dar, dass das Tempo nicht bestimmt werden kann. Daher sollten die Wägen wie bereits beschrieben abgeklebt werden. In der Durchführung der Experimente zeigte sich, dass das dritte Experiment zeitlich zu früh angesetzt war.

Insgesamt war zu viel Inhalt auf eine Unterrichtsstunde angesetzt. Vor allem die Experimentierphase war zu lange. Im Besonderen beim dritten Experiment „Wägen auf unterschiedlichem Weg in unterschiedlicher Zeit“ (vgl. Anhang 1.3) war die Aufmerksamkeit geringer. Daher sollte die Phase gekürzt werden. Eine Möglichkeit ist, nur das erste und zweite Experiment durchzuführen und im Anschluss mit den Arbeitsblättern AB 1.31 und AB 1.32 bis Aufgabe 1b) zu üben. Das dritte Experiment sollte erst nach Übung des Zusammenhangs von Weg, Zeit und Tempo durchgeführt werden. Zusätzlich kann das Experiment bei erneuter Durchführung auf zwei Unterrichtsstunden aufgeteilt werden. Zunächst sollte sicher beherrscht werden, dass das Tempo bestimmt werden kann, wenn die Züge den gleichen Weg in unterschiedlicher Zeit oder in der gleichen Zeit einen unterschiedlichen Weg zurückgelegt haben. Damit soll eine kognitive Überforderung vermieden werden (vgl. Gold, 2015, S. 56).

Gut gelungen ist die Aktivierung der Schülerinnen und Schüler. Die Einbindung der Schülerinnen und Schüler war zum Beispiel über das Einschalten der Wägen möglich. Dadurch konnte die Motivation gefördert werden (vgl. Schiefele & Schaffner, 2020, S. 167).

Für die Experimente war die Methode des gelenkt-entdeckenden Lernens von Bedeutung. Dadurch konnten spezielle Aspekte aus den Beschreibungen der Schülerinnen und Schüler betont werden, wodurch Erkenntnisse zum Zusammenhang von Weg, Zeit und Tempo gesammelt werden konnten. Der Stuhlkreis war gut geeignet, um das Experiment durchzuführen. Alle Schülerinnen und Schüler konnten das Experiment beobachten. Zudem bot der Stuhlkreis genügend Platz, eine Strecke aufzukleben.

In der Bearbeitung des Arbeitsblatts wurde deutlich, dass dies zusätzlich qualitativ differenziert werden sollte. Besonders beim Merksatz hatten die Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten. Zum einen kann dies mit dem vorherigen Experiment zusammenhängen, bei dem zu viel neues Wissen auf einmal angeeignet wurde. Zum anderen war den Schülerinnen und Schülern nicht klar, was gesucht ist. Daher sollte das Blatt in unterschiedlichen Schwierigkeitsniveaus erstellt werden. Beispielsweise kann die Definition von Tempo als Lückentext gestaltet werden. Beim Merksatz haben einige Schülerinnen und Schüler geschrieben: „Schneller ist, wer das höhere Tempo hat.“ Dadurch haben einige Schülerinnen und Schüler nur einen Merksatz ausgefüllt. Allerdings sollte mit der Aufgabe ein Zusammenhang zwischen Tempo, Weg und Zeit hergestellt werden. Dies zeigt, dass der Merksatz ungeeignet formuliert ist. Stattdessen sollte die Aufgabe umformuliert werden: „Wie kann das Tempo anhand von Weg und Zeit bestimmt werden?“ (Vgl. Anhang 1.4.2) Zur Beantwortung werden Zusammenhänge von Weg, Zeit und Tempo hergestellt. Eine weitere Möglichkeit ist, die Definitionen direkt zum Experiment einzuführen. Dadurch kann der Merksatz mit dem Experiment verknüpft werden. Allerdings wird damit das selbstständige Herstellen eines Zusammenhangs zwischen Weg und Zeit nicht gefördert, wodurch die Aktivierung gering ist (vgl. Gold, 2015, S. 58). Im Folgenden sind die Lösungen der Schülerinnen und Schüler zum Arbeitsblatt AB 1.31 und AB 1.32. Insgesamt haben 18 Schülerinnen und Schüler das Arbeitsblatt bearbeitet.



*Abbildung 11: Lösungen AB 1.31 Nr. 1a)*

Quelle: Eigene Darstellung

Die Aufgabe 1a) haben alle Schülerinnen und Schüler richtig gelöst (vgl. Abb. 11). Allerdings unterscheiden sich die Begründungen. Die Abbildung 4 zeigt, dass die meisten Schülerinnen und Schüler sich auf das Tempo bezogen haben. Hierbei haben sie keinen Bezug zum Weg und zur Zeit beschrieben. Dies kann vor allem mit dem zuvor durchgeführten Experiment zusammenhängen, da hierbei das Tempo der Wagen eingestellt wurde, wodurch das Konzept vermittelt werden könnte, dass es auf das eingestellte Tempo ankommt. Anhand der Anzahl an richtigen Antworten lässt sich schließen, dass die meisten Schülerinnen und Schüler auf Grundlage von Weg und Zeit das Tempo bestimmen konnten. Eine Ausformulierung des Zusammenhangs von Weg und Zeit ist jedoch schwieriger. Lediglich zwei Schülerinnen und Schüler sind auf den Weg eingegangen (vgl. Abb. 11). Allerdings konnten vier weitere Schülerinnen und Schüler angeben, dass bei den Angaben die Zeit verglichen wird (vgl. Abb. 11). Damit begründen ein Drittel der Schülerinnen und Schüler ihre Antwort mit Bezug auf Weg und Zeit. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Aufgabe ungeeignet formuliert ist. Damit ein Zusammenhang zwischen Weg und Zeit hergestellt wird, sollte die Aufgabe umformuliert werden: „Erkläre, wie du das höhere Tempo bestimmt hast. Welche Bedeutung hat der Weg und die Zeit?“ (vgl. Anhang 1.4.2). Dies fordert eine Antwort, bei der auf Zusammenhänge von Weg und Zeit eingegangen wird.

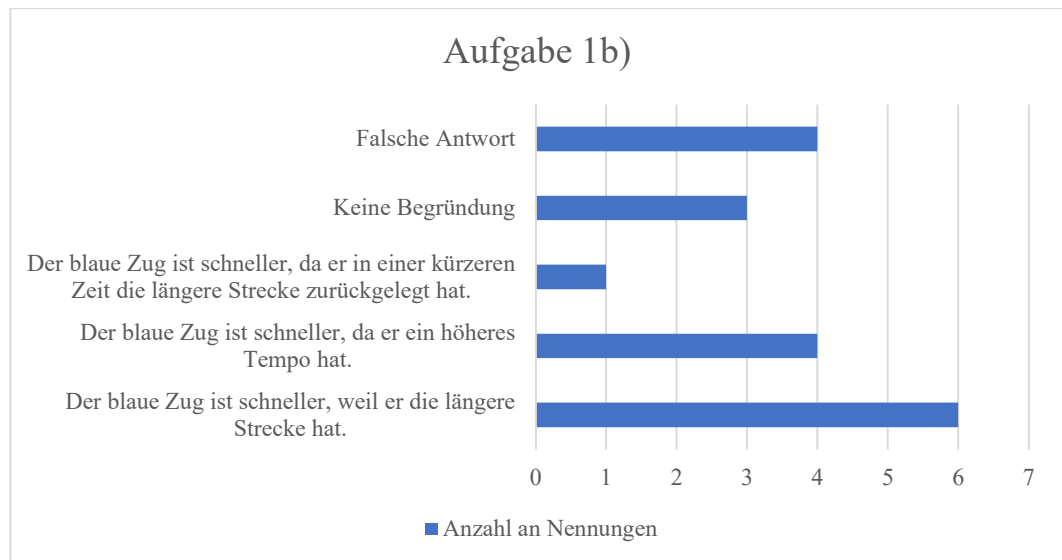


Abbildung 12: Lösungen AB 1.32 Nr. 1b)

Quelle: Eigene Darstellung

Die Aufgabe 1b) wurde 14 Mal richtig gelöst (vgl. Abb. 12). Im Gegensatz zu Aufgabe 1a) begründen einige Schülerinnen und Schüler die Antwort mit dem Weg (vgl. Abb. 7). Insgesamt konnten dreiviertel der Schülerinnen und Schüler anhand von Weg und Zeit bestimmen, wer das höhere Tempo hat (vgl. Abb. 12). Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass derjenige schneller ist, der (in der gleichen Zeit) den längeren Weg zurückgelegt hat. Ebenso wie in Aufgabe 1a) sollte hierbei die Aufgabe umformuliert werden: „Erkläre, wie du das Tempo bestimmt hast“ (vgl. Anhang 1.4.2). Im Gegensatz zur Aufgabe 1a) gibt es vier falsche Darstellungen (vgl. Abb. 12). Hiervon haben zwei Schülerinnen und Schüler den grünen Zug angekreuzt, was sie damit begründet haben, dass der grüne Zug einen kürzeren Weg hat. Hierbei besteht das Konzept: „Schneller ist, wer den kürzeren Weg hat“. Ein Schüler hat angekreuzt, dass die Züge gleich schnell sind, jedoch keine Begründung angegeben. Die Schülerin könnte das Eintreffen der Züge zur gleichen Zeit im Ziel als gleiches Tempo interpretiert haben. Eine weitere Schülerin war der Meinung, dass keine Aussage getroffen werden kann und begründet dies an den unterschiedlichen Weglängen. Hierbei wurde erkannt, dass der Weg zur Bestimmung des Tempos von Bedeutung ist, jedoch der Zusammenhang zur Zeit nicht korrekt hergestellt. Dies zeigt, dass die Aufgaben geeignet sind, um das Verständnis zu überprüfen.

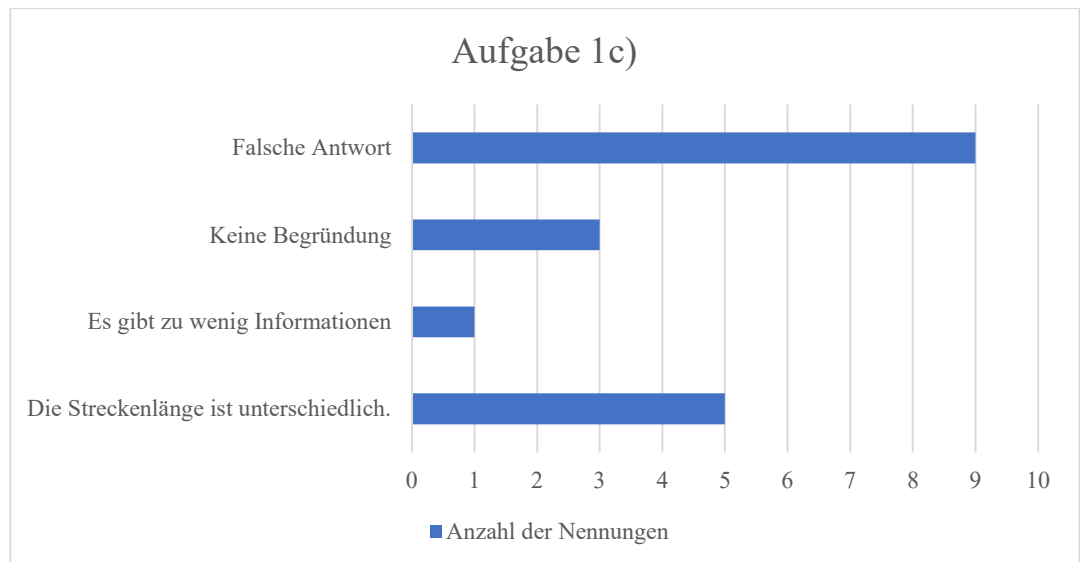


Abbildung 13: Lösungen AB 1.32 Nr. 1c)

Quelle: Eigene Darstellung

Bei der Aufgabe 1c) gibt es neun richtige Antworten (vgl. Abb. 13). Damit ist die Hälfte der Schülerinnen und Schüler in der Lage zu erkennen, dass das Tempo mit den Angaben nicht bestimmt werden kann. Begründet wurde die Aufgabe vor allem mit der Streckenlänge (vgl. Abb. 13). Zudem ist ein Schüler darauf eingegangen, dass es zu wenig Informationen gibt (vgl. Abb. 13). Dies zeigt, dass die Hälfte der Schülerinnen und Schüler aus den Angaben ungleicher Weg und ungleicher Zeit schließen können, dass das Tempo nicht bestimmt werden kann. Im Gegensatz zu den anderen Aufgaben ist hierbei jedoch eine hohe Fehlerquote feststellbar (vgl. Abb. 13). Fünf Schülerinnen und Schüler haben behauptet, dass der grüne Zug schneller ist, was mit dem kürzeren Weg begründet wird. Daraus lässt sich schließen, dass diese Schülerinnen und Schüler die Vorstellung haben, dass derjenige schneller ist, der als erstes im Ziel ist. Zwei Schülerinnen und Schüler behaupten, dass der blaue Zug schneller ist, begründen dies jedoch nicht. Eine Schülerin oder ein Schüler hat die Aufgabe nicht bearbeitet. Aufgrund der hohen Anzahl an falschen Lösungen sollte die Aufgabe zusätzlich differenziert werden. Zum Beispiel könnten Tippkarten verwendet werden. Wie in Anhang 1.4.4 dargestellt, könnten zunächst zwei einfache Tipps, die auf die Zeit, den Weg und das Tempo verweisen, genutzt werden. Der 3. und 4. Tipp sind Anleitungen zum Bestimmen des Tempos (vgl. Anhang 1.4.4). Damit kann auf unterschiedlichen Niveaus gearbeitet werden, sodass alle Schülerinnen und Schüler die gleiche Aufgabe mit unterschiedlichen Hilfsmitteln bearbeiten (Müller, 2014, S. 13).

Im Anschluss an das Arbeitsblatt haben die Schülerinnen und Schüler die Knobelaufgaben bearbeitet (vgl. Anhang 1.4.5). Hierbei war die Partnerarbeit geeignet, da in den Gruppen Aussagen diskutiert wurden, wodurch unterschiedliche Konzepte des Begriffs Tempo hinterfragt werden. Im Besonderen durch das Vergleichen im Plenum konnten Aussagen auf dem Arbeitsblatt begründet werden. Die Aussage „Schneller ist, wer als erstes im Ziel ist.“ wurde von fast allen Schülerinnen und Schülern als falsch identifiziert. Allerdings unterscheiden sich die Begründungen. Schülerantworten sind: „außer der andere Zug hat eine längere Strecke“, „Es kommt auf den Weg an“ oder „und das schnellere Tempo hat“. Dies zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler erkennen können, dass das Tempo nicht nur mit der Zeit, sondern auch mit dem Weg zusammenhängt. Die Aussage „Schneller ist, wer den gleichen Weg in der kürzeren Zeit gefahren ist.“ haben fast alle Schülerinnen und Schüler richtig beantwortet. Die Aussage „Der langsamere ist immer der, der als letztes ins Ziel kommt.“ haben fast alle Schülerinnen und Schüler korrekt als falsch bezeichnet. Begründungen der Schülerinnen und Schüler sind: „außer er hat eine kürzere Strecke“ und „und das langsamere Tempo hat“. Dies zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler über das Konzept verfügen, dass es zur Bestimmung des Tempos nicht ausreicht, die Zeit des Zieleinlaufs zu betrachten. Die Aussage: „Fahren zwei Züge den gleichen Weg in der gleichen Zeit, sind beide Züge gleich schnell.“ wurde unterschiedlich zugeordnet. Von einzelnen Schülerinnen und Schülern wurde ergänzt „Wenn sie am selben Punkt starten“. Dies zeigt, dass Verallgemeinerungen wie „den gleichen Weg“ schwierig sind. Daher sollte dies umformuliert werden: „Zwei Züge fahren von der Startlinie zur Ziellinie in der gleichen Zeit. Daher sind beide gleich schnell.“ (Anhang 1.4.6). Dadurch wird deutlich, dass der gleiche Weg gefahren wird.

## **4.2.2 Einheit 2: Die Geschwindigkeit**

### **4.2.2.1 Unterrichtsstunde 3**

Die dritte Unterrichtsstunde hat mit einer Wiederholung gestartet. In der Wiederholung ist es den Schülerinnen und Schülern anhand von visuellen Darstellungen und Hervorhebungen der Wege, wie in Abbildung 14, 15 und 16 dargestellt, gelungen, das Tempo zu bestimmen. Mit der Hervorhebung unterschiedlicher Farben und

der Verschiebung der Wege an die Startlinie wurde deutlich, dass sich die Weglänge unterscheidet (vgl. Abb. 15). Dabei fiel es den Schülerinnen und Schülern leicht, zu bestimmen, wer das höhere Tempo hat, was sich an der hohen Beteiligung leistungsschwacher und leistungsstarker Schülerinnen und Schüler zeigt. Wie bereits die Auswertung der Arbeitsblätter AB 1.31 und AB 1.32 zeigt (vgl. Kapitel 4.2.1.2), fällt das Beispiel in Abbildung 14 den Schülerinnen und Schülern leicht.



Abbildung 14: Tafelbild Tempo 1

Quelle: Eigene Darstellung

Zu dem Beispiel in Abbildung 15 hatten die Schülerinnen und Schüler zuvor vereinzelt das Fehlkonzept, dass derjenige schneller ist, der den kürzeren Weg hat.

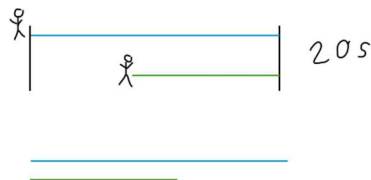


Abbildung 15: Tafelbild Tempo 2

Quelle: Eigene Darstellung

Mit dem Vergleich der Weglängen ist es den Schülerinnen und Schülern gelungen, zu erkennen, dass nicht der kürzeste Weg, sondern das Verhältnis von Weg und Zeit entscheidend ist. Vor allem beim Experiment „Wägen auf unterschiedlichem Weg in gleicher Zeit“ kam es in der vorherigen Unterrichtsstunde zu Verständnisschwierigkeiten (vgl. Kapitel 4.2.1.2). Auf Grundlage der Abbildung 16 ist es den Schülerinnen und Schülern jedoch gelungen zu erkennen, dass weder an der Zeit noch dem Weg das Tempo bestimmt werden kann.

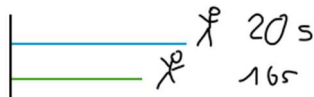


Abbildung 16: Tafelbild Tempo 3

Quelle: Eigene Darstellung

Daher können die Verständnisschwierigkeiten beim Experiment 3 der Unterrichtsstunde 2 auf die Schwierigkeiten in der Durchführung zurückgeführt werden (Vgl. Kapitel 4.2.1.2). Demnach sollte die Darstellung, wie in Abbildung 14, 15 und 16 bei der Einführung verwendet werden.

Das Ziel der Unterrichtsstunde, dass die Schülerinnen und Schüler den Begriff „Geschwindigkeit“ definieren können, wurde erreicht. Hierfür war besonders das Experiment „Wägen treffen sich“ geeignet. Die Schülerinnen und Schüler hatten ein großes Interesse, herauszufinden und zu beobachten, wie sich die Züge treffen. Daher wollten sie das Experiment mehrmals durchführen. Beim Sammeln der Bedingungen, die gegeben sein müssen, damit sich die Züge treffen, haben die Schülerinnen und Schüler selbstständig die Richtung als auch das Tempo genannt. Im Besonderen durch das Auslegen der Karten mit den Begriffen „Tempo“ „Richtung“ und „Geschwindigkeit“ konnte der Begriff Geschwindigkeit als Zusammensetzung von Tempo und Richtung eingeführt werden. Dies zeigt, dass das Experiment geeignet ist, um zu verdeutlichen, dass nicht nur das Tempo, sondern auch die Richtung von Bedeutung ist. Hierbei gab es keine Rückfragen der Schülerinnen und Schüler, was zeigt, dass das strukturierte Einführen des Begriffs „Geschwindigkeit“ geeignet ist. Das Experiment hat sich durch eine hohe Aktivität der Schülerinnen und Schüler ausgezeichnet. Die Schülerinnen und Schüler haben selbstständig das Tempo und die Richtung eingestellt. Dabei haben zwei Schülerinnen und Schüler jeweils die Wägen ausgerichtet und die anderen Schülerinnen und Schüler haben Angaben gegeben, wie „Du musst den Zug drehen“ oder „mehr nach links“. Durch die Angaben wurde deutlich, dass es vor allem auf die Richtung ankommt. Zudem hatten die Schülerinnen und Schüler ein großes Interesse, unterschiedliche Tempos auszuprobieren, wodurch das Experiment länger gedauert hat. Daher stand am Ende weniger Zeit für das Feedback zur Verfügung. Bei der Planung sollte daher für das Experiment mehr Zeit eingeplant werden. Zudem konnten die Schülerinnen und Schüler durch das Einstellen unterschiedlicher Tempos die Erkenntnis sammeln, dass bei Änderung des Tempos auch die Richtung geändert wird, damit sich die Wägen treffen. Daher sollte das Einstellen unterschiedlicher Tempos in den Unterrichtsverlaufsplan übernommen werden.

Insgesamt zeigt das Experiment, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, Geschwindigkeit als zweidimensionalen Begriff zu verstehen. Im Besonderen die leichte Akzeptanz des Begriffs Geschwindigkeit zeigt, dass die 4. Klasse geeignet ist, um Geschwindigkeit zweidimensional einzuführen.

Des Weiteren ist die Einführung des Geschwindigkeitspfeils gut gelungen. Die Einführung war kurzgehalten, um die relevanten Aspekte des Geschwindigkeitspfeils zu betonen. Der Geschwindigkeitspfeil fiel den Schülerinnen und Schülern leicht,

was sich an der großen Beteiligung von leistungsschwächeren und leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern bei der Sortierung der Geschwindigkeitspfeile nach dem Tempo zeigt. Damit bietet der Inhalt auf unterschiedlichen Leistungsniveaus Zugang. In der Durchführung wurde deutlich, dass die Pfeile unterschiedlich markiert werden sollten, da es Schwierigkeiten bei der Beschreibung gab, sodass ein Beschreiben, welcher Pfeil gemeint ist, einfacher gelingt.

Das Arbeitsblatt AB 2.1 zur Übung des Geschwindigkeitspfeils (vgl. Anhang 2.2.1) konnte von den Schülerinnen und Schülern in Einzelarbeit korrekt bearbeitet werden. Eine Schwierigkeit war jedoch die Notation auf dem Arbeitsblatt. Den Schülerinnen und Schülern war nicht eindeutig, wie sie die Reihenfolge notieren sollen. Hierbei waren einzelne Schülerinnen und Schüler verwirrt, da der Zug 1 nicht der erste Zug ist. Hierbei haben einzelne Schülerinnen und Schüler die Zahlen nach dem Ordinalzahlaspekt betrachtet (vgl. Padberg & Büchter, 2015, S. 233). Daher sollten die Züge nicht mit Zahlen, sondern beispielsweise mit Buchstaben oder Farben markiert werden. Jedoch hat man bei Buchstaben ebenso die Reihenfolge. Daher können alternativ die Züge ausgeschnitten und in der richtigen Reihenfolge aufgeklebt werden (vgl. Anhang 2.2.2). Dies hat den Vorteil, dass keine Zahlen verwendet werden, die mit der Reihenfolge der Anordnung zu Verwirrung führen. Allerdings muss dazu zusätzlich Zeit zur Verfügung gestellt werden. Da die Schülerinnen und Schüler sich jedoch schnell den Geschwindigkeitspfeil angeeignet haben, kann mehr Zeit für die Übung eingeplant werden. Da zwei Autos nur einen geringen Geschwindigkeitsunterschied hatten, kam es zur Diskussion, wer die höhere Geschwindigkeit hat. Dies bot die Möglichkeit, über den Inhalt zu diskutieren. Einige Schülerinnen und Schüler kamen auf die Idee, nachzumessen. Damit konnten zusätzlich naturwissenschaftliche Arbeitsweisen angewendet werden.

Insgesamt hat die Einführung des Begriffs „Geschwindigkeit“ mit dem Experiment „Wägen treffen sich“ gut funktioniert. Außerdem ist die Einführung des Geschwindigkeitspfeils gelungen. Das Zeitmanagement war passend. Allerdings sollte das Arbeitsblatt AB 2.1, wie beschrieben, angepasst werden (vgl. Anhang 2.2.2).

#### **4.2.2.2 Unterrichtsstunde 4**

In der vierten Unterrichtsstunde wurde zunächst der Begriff Geschwindigkeit wiederholt. Hierbei haben die Schülerinnen und Schüler sowohl das Tempo als auch die Richtung benannt. Dies zeigt, dass ein zentrales Lernziel der Unterrichtseinheit

erreicht wurde. Ebenso gab es bei der Wiederholung des Geschwindigkeitspfeils eine große Beteiligung. Die Schülerinnen und Schüler waren in der Lage zu erläutern, woran man am Geschwindigkeitspfeil erkennt, wer die höhere Geschwindigkeit hat. Hierzu haben wir das Ordnen nach der Geschwindigkeit wiederholt.

Im Anschluss wurde der Geschwindigkeitspfeil mit dem Spiel „Rennautos“ geübt (vgl. Anhang 2.3). Dies zeichnet sich durch eine hohe Motivation der Schülerinnen und Schüler aus, die sich am hohen Interesse zeigte (vgl. Schiefele & Schaffner, 2020, S. 175). Im Feedback haben die Schülerinnen und Schüler besonders das Spiel hervorgehoben, das ihnen großen Spaß bereitet hat. Daneben konnte mit dem Spiel „Rennautos“ der Geschwindigkeitspfeil geübt werden. Die Einteilung der Gruppen ergab sich aus den Sitznachbarn. Dies war bis auf in einer Gruppe passend. In einer Gruppe gab es zunächst Schwierigkeiten. Hierbei zeigte sich, dass diese Gruppe den Geschwindigkeitspfeil nicht verstanden hatte. Da das Spiel so gestaltet war, dass die Schülerinnen und Schüler selbstständig arbeiten konnten, konnte die Gruppe eine zusätzliche Erläuterung erhalten. Damit bietet die Gestaltung der Aufgabe Spielraum, Schülerinnen und Schüler mit Schwierigkeiten zu unterstützen. Ebenso zeigt die Aufgabe eine hohe Aktivität der Schülerinnen und Schüler. Die Schülerinnen und Schüler haben konzentriert gearbeitet. Hierbei unterschied sich stark das Tempo der einzelnen Gruppen. Die Gruppen haben zwischen zwei und fünf Spielen gespielt. Die Aufgabe stellt damit eine quantitative Differenzierung dar (Krauthausen & Scherer, 2022, S. 17). Weniger als 10 - 15 Minuten sollte nicht eingeplant werden, da Zeit für das Austeilen und Aufbauen der Spiele benötigt wird. Für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler wurde das Spiel nach mehreren Durchgängen unterfordernd. Daher könnte für eine qualitative Differenzierung das Spiel in unterschiedlichen Schwierigkeitsniveaus angegeben werden. Wie in Anhang 2.2.3 dargestellt, könnten zum Beispiel Geschwindigkeitspfeile mit unterschiedlicher Richtung ergänzt werden, wodurch zusätzlich der Aspekt der Richtung beachtet werden muss. Die Selbstkontrolle war geeignet, da die Schülerinnen und Schüler selbstständig in ihrem Tempo arbeiten konnten. Die Partnerarbeit war für das Spiel sehr gut geeignet. Hierbei haben sich die Schülerinnen und Schüler über den Inhalt ausgetauscht. Zum Beispiel kam es in einer Gruppe zu einer Diskussion, was die richtige Lösung ist. Hierbei konnten die Schülerinnen und Schüler zu der Lösung kommen, dass gemessen werden muss, um zu entscheiden, wer die gleiche

Geschwindigkeit hat. Zudem war die Selbstkontrolle sehr gut geeignet, da hierdurch alle Schülerinnen und Schüler in ihrem Tempo arbeiten konnten.

Im Anschluss wurde im Plenum die Aufgabe zur Bestimmung der Geschwindigkeit von Wiesner, Wilhelm, Waltner, Tobias, Rachel und Hopf gemacht (vgl. Anhang 2.4). Dazu sind die Schülerinnen und Schüler in den Kinostuhl gekommen. Dieser war geeignet, da die Konzentration auf der Aufgabe lag. Zunächst haben die Schülerinnen und Schüler zugeordnet, welche Autos das gleiche Tempo haben. Daran anknüpfend haben wir die Autos mit gleicher Richtung bunt umkreist und an der Tafel notiert. In der Durchführung wurde deutlich, dass das Umkreisen mit unterschiedlichen Farben schwierig ist, da unklar ist, ob die Richtung oder das Tempo gemeint ist. Hierbei war es geeignet, zusätzlich die Nummern an der Tafel zu notieren. Auf dieser Grundlage wurde zunächst das Tempo, anschließend die Richtung und zuletzt die Geschwindigkeit verglichen. Die Bestimmung des gleichen Tempos ist den Schülerinnen und Schülern leichtgefallen, was sich an der hohen Beteiligung zeigt. Daran wird deutlich, dass durch die Übung im Plenum, sowie die Übung der Rennautos angeeignet werden konnte, dass die Länge des Geschwindigkeitspfeils das Tempo angibt. Zudem konnten die Schülerinnen und Schüler die Richtung bestimmen. Bei der Bestimmung der Richtung konnten Fehlkonzepte diskutiert werden. Ein Schüler hat die Richtung mit dem Ziel verwechselt. Dies entspricht der Fehlvorstellung: „Richtung als Bewegungsziel“ (Wiesner et al., 2016, S. 16). Daher hat er zwei Autos mit dem gleichen Bewegungsziel der gleichen Richtung zugeordnet. Einige Schülerinnen und Schüler haben erläutert, dass der Geschwindigkeitspfeil in eine andere Richtung zeigt. Daraus haben sie resultiert, dass die Geschwindigkeit unterschiedlich ist. Dies zeigt, dass die Aufgabe Diskussionspotential beinhaltet. Daran können konkret Fehlvorstellungen diskutiert werden. Dies zeigt, dass die Aufgabe geeignet ist, um Verständnisschwierigkeiten zu diskutieren. Bei der Bestimmung der Geschwindigkeit kamen zunächst Meldungen von den leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern. Daher wurde als Erstes geklärt, wie bestimmt werden kann, wer die gleiche Geschwindigkeit hat. Die Schülerinnen und Schüler konnten erläutern, dass es auf das Tempo und die Richtung ankommt. Daraufhin haben sich mehr Schülerinnen und Schüler beteiligt. Dies zeigt, dass es von Vorteil ist, den Begriff Geschwindigkeit zunächst zu wiederholen. Das Bestimmen der gleichen Geschwindigkeit ist den Schülerinnen und Schülern auf Grundlage der Notizen an der Tafel leichtgefallen. Besonders von Bedeutung bei der

Durchführung des Unterrichts war, Zeit für Fragen zur Verfügung zu stellen. Vor allem durch kurzes Warten kamen einige Meldungen.

Die Arbeit im Plenum war geeignet, da Fehlvorstellungen diskutiert werden konnten. Damit konnte der Fokus auf die Bedeutung von Ziel und Richtung gelegt werden. Ebenso hat die Aufgabe zu einer hohen Aktivität beigetragen. Die Schülerinnen und Schüler waren auf die Aufgabe konzentriert und haben physikalisch argumentiert.

Die Zeitplanung hat gut gepasst. Durch das Spiel kann mehr oder weniger Zeit zur Verfügung gestellt werden, wodurch die Unterrichtseinheit flexibel angepasst werden kann.

Im Feedback haben die Schülerinnen und Schüler vor allem die Aufgabe zur Bestimmung des Tempos, der Richtung und der Geschwindigkeit hervorgehoben (vgl. Anhang 4.2). Diese fanden sie besonders interessant. Aufgrund der hohen Lösungen zeigt sich, dass die Aufgabe bereits für die Grundschule geeignet ist.

### **4.2.3 Einheit 3: Die Zusatzgeschwindigkeit**

#### **4.2.3.1 Unterrichtsstunde 5**

Das Ziel der fünften Unterrichtsstunde, dass die Schülerinnen und Schüler den Begriff Zusatzgeschwindigkeit in Zusammenhang mit dem Experiment beschreiben können, wurde erreicht. Hierzu war vor allem das Experiment „Torschuss“ geeignet.

Das Experiment „Torschuss“ hat im Besonderen durch den Bezug zum Fußball die Motivation der Schülerinnen und Schüler gefördert. Nach der Besprechung des Versuchsaufbaus wurden die Vermutungen gesammelt. Das Sammeln der Vermutungen in Einzel- oder Partnerarbeit war sehr gut geeignet, da individuelle Ideen gesammelt wurden. Alle Schülerinnen und Schüler konnten ihre Vermutungen beschreiben. Dies ist für den Aufbau von Konzepten von Bedeutung (Möller, 2022, S. 266). Die Abbildungen 17 und 18 zeigen, dass die meisten Schülerinnen und Schüler die Vorstellung hatten, dass sich die Kugel in Stoßrichtung bewegt. An den Beispielen wird deutlich, dass das Ziel der Bewegung mit der Stoßrichtung „in Richtung Tor“ (Abb. 18) gleichgesetzt wird.

Vermutung  
Sie bewegt sich in die Richtung, in die ich sie  
gestoßen habe.

Abbildung 17: AB 4.11 SuS Lösung 1

Quelle: Eigene Darstellung

Vermutung  
in Richtung Tor muss man  
schießen

Abbildung 18: AB 4.11 SuS Lösung 2

Quelle: Eigene Darstellung

Zwei Schülerinnen und Schüler hatten die Vorstellung, dass sich die Kugel schräg bewegt (vgl. Abb. 19). Hierbei wird die Bewegung der Kugel vor dem Stoß berücksichtigt: „von der linken Seite kommt“ (Abb. 19).

Vermutung  
Ich glaube die Kugel geht mehr in  
die rechte ecke, weil sie von der linken  
Seite kommt.

Abbildung 19: AB 4.11 SuS Lösung 3

Quelle: Eigene Darstellung

Des Weiteren hat sich bei der Sammlung der Vermutungen gezeigt, dass es den Schülerinnen und Schülern leichter fällt, ihre Vermutung zu skizzieren. Daher wurde das Arbeitsblatt so angepasst, dass beschrieben oder skizziert werden kann (vgl. Anhang 3.1.2.3).

Die Durchführung des Experiments hat gut funktioniert. Hierbei habe ich die Kugel angestoßen und eine Schülerin oder ein Schüler hat gegen die Kugel gestoßen. Dass die Kugel nicht ins Tor rollt, hat einige Schülerinnen und Schüler verwirrt. Hierbei wurde deutlich, dass die Schülerinnen und Schüler ein festes Konzept davon haben, wie die Kugel rollt, wenn gegen sie gestoßen wird. Zum Beispiel haben die Schülerinnen und Schüler die Bewegung der Kugel damit begründet, dass die Schülerin, die die Kugel gestoßen hat, den Holzblock schräg gehalten hat. Damit begründen

die Schülerinnen und Schüler das Konzept, dass sich die Kugel in Stoßrichtung bewegt. Dementsprechend bewegt sich die Kugel schräg, wenn schräg gestoßen wird. Zudem war eine Vermutung der Schülerinnen und Schüler, dass die Schülerin, die die Kugel gestoßen hat, zu spät getroffen hat. Das Argument basiert trotz der Erkenntnis, dass es von Bedeutung ist, an welchem Zeitpunkt gegen die Kugel gestoßen wird, darauf, dass senkrecht vor dem Tor gestoßen werden muss. Ein weiteres Argument der Schülerinnen und Schüler war, dass die Schülerin zu schwach war. Nach dieser Vorstellung wird die Stoßrichtung an die Kraft geknüpft. Dies zeigt das Konzept, dass sich ein Körper in Richtung der stärkeren Kraft bewegt (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 75). Damit ist das Experiment geeignet, um unterschiedliche Vorstellungen aufzugreifen. Aufgrund der Vorstellung, dass sich die Kugel abhängig von der stoßenden Person bewegt, haben wir das Experiment mit einem anderen Schüler wiederholt. Dadurch konnte gezeigt werden, dass die Bewegung unabhängig vom Schüler oder der Schülerin ist. Dies hat einige Schülerinnen und Schüler verwirrt. Einzelne Schülerinnen und Schüler haben jedoch gleichermaßen argumentiert. Dies zeigt, dass Konzepte der Schülerinnen und Schüler fest sind (Möller, 2022, S. 263). Zudem versuchen die Schülerinnen und Schüler, ihre Konzepte zu erklären (Möller, 2022, S. 263). Eine Verbesserungsmöglichkeit wäre, dass die Schülerinnen und Schüler im Anschluss an das Experiment im Plenum selbstständig gegen die Kugel stoßen. Dadurch können sie selbst die Stoßrichtung bestimmen und das gelernte Wissen anwenden. Dies kann zum Beispiel während der Bearbeitung des Arbeitsblatts AB 4.12 durchgeführt werden. Dazu kann vor der Tafel Material zur Verfügung gestellt werden. Eine weitere Möglichkeit, um den Schülerinnen und Schülern zu zeigen, dass der Schüler oder die Schülerin nicht schräg gegen die Kugel gestoßen hat, wäre, den Versuch zu filmen. Hierbei kann zur Erklärung das Video gestoppt werden.

Im Anschluss haben wir Vermutungen gesammelt, wie das Experiment verändert werden kann, damit die Kugel ins Tor rollt. Ein Schüler kam auf die Idee, die Stoßrichtung zu verändern. Der Schüler hat vorgeschlagen, schräg gegen die Kugel zu stoßen. Dies zeigt, dass auf Grundlage des Experiments neue Vermutungen aufgestellt wurden. Geplant war jedoch, das Experiment zu wiederholen und zeitlich vor dem Tor die Kugel zu stoßen. Allerdings war dies ebenso eine richtige Lösung, sodass wir das Experiment mit angepasster Stoßrichtung durchgeführt haben, um die Ideen der Schülerinnen und Schüler aufzugreifen. Daran anschließend wurden

die Begriffe „Anfangsgeschwindigkeit“, „Endgeschwindigkeit“ und „Zusatzgeschwindigkeit“ eingeführt. Eine Schwierigkeit war jedoch, dass die Einführung der Begriffe Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit besser am senkrechten Stoß zu zeigen ist, da die Kugel senkrecht gestoßen wird, wodurch deutlich wird, dass sich die Kugel dazwischen weiterbewegt. Daher wurde zur Erklärung auf das erste Experiment zurückgegriffen. Damit musste vom zweiten zurück zum ersten Experiment gewechselt werden. Passend zum Bewegungsablauf habe ich die Karten zur Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit ausgelegt (vgl. Anhang 3.1.3). Einige Schülerinnen und Schüler waren verwirrt, warum die Endgeschwindigkeit nicht in die Richtung der Zusatzgeschwindigkeit zeigt. Die Irritation folgt aus der Diskrepanz zu den Schülervorstellungen (Schecker & Wilhelm, 2018, S. 43). Da nicht eindeutig wurde, warum sich die Kugel schräg bewegt, habe ich die Zusatzgeschwindigkeit zusätzlich mit den Geschwindigkeitspfeilen verdeutlicht. Dies war den Schülerinnen und Schülern leichter zugänglich. Ein Nachteil war, dass die Geschwindigkeitspfeile keine passenden Längen hatten, da sie für die Einführung in das Thema Geschwindigkeit genutzt wurden (vgl. Anhang 2.1.3). Allerdings hat die zusätzliche Strukturierung das Verständnis unterstützt (vgl. Möller, 2022, S. 266) Da es hauptsächlich um das Verdeutlichen der Richtung geht und mit den unterschiedlichen Längen die Änderung des Tempos verdeutlicht werden kann, waren diese dennoch geeignet, um die Verständnisschwierigkeiten zu klären. Damit keine Fehlvorstellungen der Geschwindigkeitspfeile der Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit erzeugt werden, habe ich das Experiment zusätzlich an der Tafel mit entsprechenden Pfeilen skizziert. Die Schülerinnen und Schüler sollten benennen, was Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit ist. Die Schülerinnen und Schüler waren in der Lage, die Geschwindigkeiten an einem Beispiel zu benennen und zuzuordnen. Daraus lässt sich schließen, dass die Zusatzgeschwindigkeit mit den Geschwindigkeitspfeilen, wie in Anhang 3.1.4 dargestellt, eingeführt werden sollte.

Anschließend hatten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, in Einzelarbeit die Beobachtungen zu notieren. Es wurde deutlich, dass die Schülerinnen und Schüler die Bewegung der Kugel korrekt beschreiben können. Einige Schülerinnen und Schüler haben zusätzlich Begründungen angegeben. Dies könnte daran liegen, dass

im Plenum viel Wert auf Beobachten und Begründen gelegt wurde. Damit die Schülerinnen und Schüler jedoch zwischen Beobachtung und Erklärung unterscheiden können sollten diese auf dem Arbeitsblatt unterscheiden werden. Dazu sollte ein Extrafeld zur Erklärung eingefügt werden. Daher sollte bei erneuter Durchführung das Arbeitsblatt, wie im Anhang 3.1.2.2, angepasst werden.

Die Auswertung der Arbeitsblätter AB 4.11 und AB 4.12 zum Experiment „Tempo“ zeigt, dass die meisten Schülerinnen und Schüler, wie in Abbildung 20 und 21 die Bewegung der Kugel dargestellt haben. Hierbei wird deutlich, dass die Stoßrichtung nicht identisch mit dem Bewegungsziel der Kugel ist (Abb. 20). Dies verdeutlicht, dass die Grundlagen zur Geschwindigkeitsänderung mit dem Experiment angeeignet werden konnten.



Abbildung 20: AB 4.12 SuS Lösung Beispiel 1

Quelle: Eigene Darstellung

Wenn man gegen die Kugel stößt gerade rollt sie  
vorbei und wenn man die Kugel anstößt schief dann  
ist sie im Tor.



Abbildung 21: AB 4.12 SuS Lösung Beispiel 2

Quelle: Eigene Darstellung

In Abbildung 21 werden zusätzlich Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit angegeben. Die Schülerin erklärt: „Wenn man gerade dagegen stößt, geht die Kugel schräg daran vorbei, weil sie den Schwung noch hat.“ (Abb. 22). Dies lässt sich auf das Konzept zurückführen, dass sich unterschiedliche Geschwindigkeiten überlagern. Allerdings interpretiert sie den Stoß als Abstoppen (vgl. Abb. 22). Daher sollte betont werden, dass die Zusatzgeschwindigkeit hinzukommt.

Wie bewegt sich die Kugel, wenn du gegen sie stößt?  
Wenn man gerade da gegen stößt geht die Kugel schief daran vorbei, weil sie den Schwung noch hat. Wenn man seitlich da gegen stößt geht sie ins Tor, weil man die Kugel und damit auch ihre Geschwindigkeit stoppt.

Abbildung 22: AB 4.12 SuS Lösung Beispiel 3

Quelle: Eigene Darstellung

Insgesamt zeigt die Auswertung, dass alle Schülerinnen und Schüler beschrieben eine oder Skizze angefertigt haben, woraus hervorgeht, dass sich die Kugel beim senkrechten Stoß schräg am Tor vorbei bewegt. Damit wurde das Unterrichtsziel erreicht, dass die Schülerinnen und Schüler das Konzept erwerben, dass sich die Kugel nicht in Stoßrichtung bewegt.

Den Merksatz „Eine Einwirkung bewirkt eine Zusatzgeschwindigkeit“ konnten die meisten Schülerinnen und Schüler korrekt ausfüllen. Dies zeigt, dass durch das Experiment gelernt werden konnte, dass eine Einwirkung eine Zusatzgeschwindigkeit bewirkt.

Das Experiment im Plenum durchzuführen und anschließend in Einzelarbeit strukturiert zu dokumentieren war gut geeignet. Den Schülerinnen und Schülern ist es gelungen, ihre Beobachtungen und Erkenntnisse zu beschreiben (vgl. Abb. 16). Die Arbeit im Plenum war geeignet, da unterschiedliche Ideen gesammelt und entwickelt werden konnten.

Das Zeitmanagement hat gut gepasst. Es stand genügend Zeit für das Experiment, aber auch für das Bearbeiten des Arbeitsblatts zur Verfügung. Zudem war genügend Zeit für flexible Anpassungen.

Vom Ablauf der Unterrichtseinheit war das Experiment gut platziert. Die Schülerinnen und Schüler hatten Grundlagen zur Geschwindigkeit. Dies hat eine Flexibilität bei der Erläuterung von Anfangsgeschwindigkeit, Zusatzgeschwindigkeit und Endgeschwindigkeit ermöglicht. Hierbei konnte flexibel auf die Geschwindigkeitspfeile zurückgegriffen werden. Daher ist es wichtig, das Experiment nach Einführung der Geschwindigkeit und Geschwindigkeitspfeilen durchzuführen.

#### 4.2.3.2 Unterrichtsstunde 6

Eingestiegen wurde in die 6. Unterrichtsstunde mit dem Experiment „Air-Ball“ (vgl. Anhang 3.2). Einige Schülerinnen und Schüler kannten den Air-Fußball bereits. Eine Schwierigkeit bei der Durchführung des Experiments war, dass der Boden des Klassenzimmers teilweise rund war. Dadurch hat der Air-Ball ungewollt seine Richtung verändert. Hierbei war es wichtig, den Air-Ball mit einem höheren Tempo losrollen zu lassen, sodass er sich weitgehend gleichförmig bewegt. Daher sollte bei der Durchführung des Experiments darauf geachtet werden, dass der Boden gerade ist.

Zuerst haben wir das Experiment ohne Stoß durchgeführt. Die gleichförmige Bewegung haben die Schülerinnen und Schüler als „gerade“ beschrieben, was zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler erkannt haben, dass die Richtung ohne Einwirkung beibehalten wird. Danach wurde der Versuch mit Stoß wiederholt. Hierbei habe ich den Ball losrollen lassen und ein Schüler hat gegen den Ball geschossen. Die Schülerinnen und Schüler haben erkannt, dass es eine Einwirkung benötigt, damit sich die Bewegung verändert, was ein zentrales Ziel der Unterrichtseinheit darstellt. Anstatt dem Begriff „Einwirkung“ haben die Schülerinnen und Schüler die Bewegung mit „Schießen“ oder „Anstoßen“ bezeichnet. Beim weiteren Sammeln der Beobachtungen haben die Schülerinnen und Schüler beschrieben, dass sich das Tempo und die Richtung ändern. Die Karten Geschwindigkeit, Tempo und Richtung (vgl. Anhang 2.1.2) hingen noch an der Tafel aus den vorausgegangenen Unterrichtsstunden. Mit Verweis auf die Grafik von Geschwindigkeit, Tempo und Richtung konnten die Schülerinnen und Schüler schlussfolgern, dass sich die Geschwindigkeit ändert, wenn gegen die Kugel gestoßen wird. Daher sollten die Karten ebenso für diese Unterrichtsstunde eingebunden werden. Dazu anknüpfend wurde der Begriff Kraft als Einwirkung auf einen Körper eingeführt. Daraufhin wurde das Experiment wiederholt, sodass die Schülerinnen und Schüler gezielt die neuen Erkenntnisse beobachten konnten. Hierbei war der Kinostiz geeignet, da alle Schülerinnen und Schüler das Experiment beobachten konnten und die Konzentration auf der Bewegung des Fußballs lag.

Anschließend wurde das Quiz im Plenum an der Tafel gemacht (vgl. Anhang 3.3). Die Anwendung des Zusammenhangs von Kraft und Zusatzgeschwindigkeit auf unterschiedliche Beispiele hat gut funktioniert. Besonders leicht fiel den Schülerinnen und Schülern das Beispiel zum Kugelstoß. Hierbei gab es eine hohe Beteiligung

leistungsschwacher und leistungsstarker Schülerinnen und Schüler. Das Beispiel ist identisch mit dem Experiment „Torschuss“ der Unterrichtsstunde 5 (vgl. Anhang 3.1.2.1). Dies zeigt, dass die Übertragung des neuen Wissens, dass eine Kraft eine Einwirkung bewirkt, auf bekannte Beispiele übertragen werden kann. Die Zuordnung von Anfangsgeschwindigkeit, Zusatzgeschwindigkeit und Endgeschwindigkeit ist den Schülerinnen und Schülern gut gelungen. Das Ausfüllen des Lückentextes hat ebenso gut funktioniert, was sich an der hohen Beteiligung zeigt. In den Antworten fiel auf, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Antworten selbstständig begründet haben. Im Gegensatz dazu hatten die Schülerinnen und Schüler in der ersten Unterrichtsstunde Schwierigkeiten, ihre Antworten zu begründen. Dies zeigt, dass mit der Unterrichtseinheit ebenso das Begründen gefördert wird. Irritationen gab es beim Beispiel der rollenden Kugel ohne Stoß. Dies verdeutlicht, dass die Schülerinnen und Schüler erkennen können, dass das Konzept der Zusatzgeschwindigkeit nicht anwendbar ist. Im Plenum kamen die Schülerinnen und Schüler darauf, dass keine Kraft wirkt, da die Geschwindigkeit gleichbleibend ist. Daraus geht hervor, dass Kraft nicht mit Geschwindigkeit, sondern Geschwindigkeitsänderungen verbunden wird.

Das Beispiel mit dem Mäppchen (Aufgabe 6) hat ebenso gut funktioniert. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Aufgaben geeignet sind, um auf Grundlage der Zusatzgeschwindigkeit zu bestimmen, ob eine Kraft wirkt.

Deutlich schwieriger ist den Schülerinnen und Schülern die Aufgabe 7 gefallen und zu entscheiden, wann die Kugel ins Tor rollt. Da in der Unterrichtsstunde 5 von den Schülerinnen und Schülern das Beispiel des schrägen Stoßes anstelle des Stoßes an Position 1 als Lösung genannt wurde, kannten die Schülerinnen und Schüler das Beispiel nicht. Eine Schülerin hat argumentiert, dass die dritte Position richtig sei, wenn der Holzblock gedreht werden würde. Daraufhin hat ein anderer Schüler argumentiert, dass der Holzblock gerade gestoßen wird und diese Position deshalb falsch sei. Eine andere Schülerin hat vermutet, dass die zweite Position richtig sei. Dies war jedoch eine Schülerin, die in der vorherigen Unterrichtsstunde nicht da war, wodurch das Konzept dominiert, dass sich die Kugel in Stoßrichtung bewegt. Hierbei haben sich viele Schülerinnen und Schüler beteiligt und beschrieben, dass die Kugel beim senkrechten Stoß schräg vorbeirollt. Dies zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler das Konzept erwerben konnten, dass sich die Kugel nicht in Stoßrichtung bewegt. Allerdings konnten nicht alle Schülerinnen und Schüler daraus

schlussfolgern, dass die erste Position richtig ist. Ein Schüler hat argumentiert, dass es die erste Position sei, da die Kugel schräg rollt. Ein anderer Schüler hat beschrieben, dass die Kugel bei der zweiten Position schräg in die Ecke des Tores rollt. Dies zeigt eine Schwierigkeit der Aufgabe. Da Kraft und Tempo nicht bekannt sind, ist eine Möglichkeit, dass die Kugel in die Ecke rollt. Daher sollte in der Aufgabe der Abstand zwischen Tor und Kugel verlängert werden, sodass deutlich wird, dass die Kugel am Tor vorbeirollt. Die Aufgabe ist daher geeignet, um unterschiedliche Vorstellungen zu diskutieren. Durch das Vorwissen zur Zusatzgeschwindigkeit waren einige Schülerinnen und Schüler in der Lage, physikalisch zu argumentieren, dass eine Einwirkung auf den Ball zu einer Änderung der Geschwindigkeit führt.

Die Methode des Kinositzes war zur Durchführung des Quiz gut geeignet. Dadurch konnten alle Schülerinnen und Schüler das Experiment beobachten. Zudem waren alle Schülerinnen und Schüler auf die Aufgaben konzentriert.

Das Lernziel der Unterrichtsstunde wurde teilweise erreicht. Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, an Beispielen zuzuordnen, ob eine Kraft wirkt. Zudem haben die Beschreibungen der Beobachtungen des Experiments gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler erkannt haben, dass eine Kraft eine Einwirkung bewirkt, was wiederum eine Änderung der Geschwindigkeit bewirkt. Allerdings ist nicht eindeutig, ob die Schülerinnen und Schüler erkannt haben, dass jede Kraft eine Einwirkung bewirkt.

#### **4.2.4 Test zur Unterrichtseinheit**

In der letzten Unterrichtsstunde wurde ein Test durchgeführt, mit dem das qualitative Verständnis zu allen Unterrichtseinheiten überprüft werden soll (vgl. Anhang 4.1). Den Test haben 21 Schülerinnen und Schüler mitgeschrieben, von denen 17 Schülerinnen und Schüler die Einheit komplett bearbeitet haben. Hierfür benötigten die Schülerinnen und Schüler 10 - 25 Minuten. Im Folgenden wird der Test zur Unterrichtseinheit in Bezug auf die Entwicklung von aufbaufähigen Konzepten ausgewertet.

Die Aufgaben 1 und 2 wurden von den meisten Schülerinnen und Schülern richtig beantwortet. Bei der Aufgabe 2 haben fünf Schülerinnen und Schüler das Tempo mit der Geschwindigkeit gleichgesetzt. Zwei Schülerinnen und Schüler haben Tempo als Geschwindigkeit und Richtung interpretiert. Dies entspricht einem Drittel der Schülerinnen und Schüler. Die Beschreibung von Tempo mit Richtung und

Geschwindigkeit könnte damit zusammenhängen, dass die Schülerinnen und Schüler die Grafik im Anhang 2.1.2 als Wechselwirkung interpretieren. Um Fehlkonzepte nicht zu entwickeln, sollte die Darstellung wie in Abbildung 23 angepasst werden. Die Darstellung wird mit Pfeilen ergänzt, die verdeutlichen, dass Geschwindigkeit aus Tempo und Richtung zusammengesetzt wird, Tempo aber nicht Richtung und Geschwindigkeit bedeutet.

Interessant ist, dass von den sieben Schülerinnen und Schülern sechs Schülerinnen und Schüler bei der Aufgabe 5 erkannt haben, dass Geschwindigkeit nicht das gleiche wie Tempo bedeutet. Dies zeigt, dass je nach Aufgabe unterschiedliche Konzepte angewendet werden (vgl. Möller, 2022, S. 263).

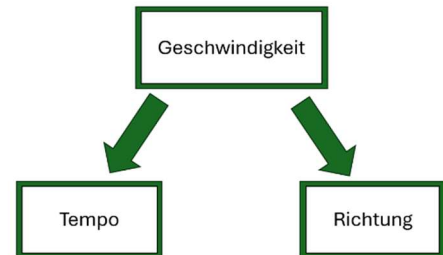


Abbildung 23: Grafik Geschwindigkeit

Quelle: Eigene Darstellung

Die Aufgabe 3 wurde von allen Schülerinnen und Schülern richtig beantwortet (vgl. Abb. 24). Das Bestimmen des Tempos bei gleichem Weg und ungleicher Zeit ist den Schülerinnen und Schülern gut gelungen. Alle Schülerinnen und Schüler konnten am Weg und der Zeit bestimmen, wer das schnellere Tempo hat.

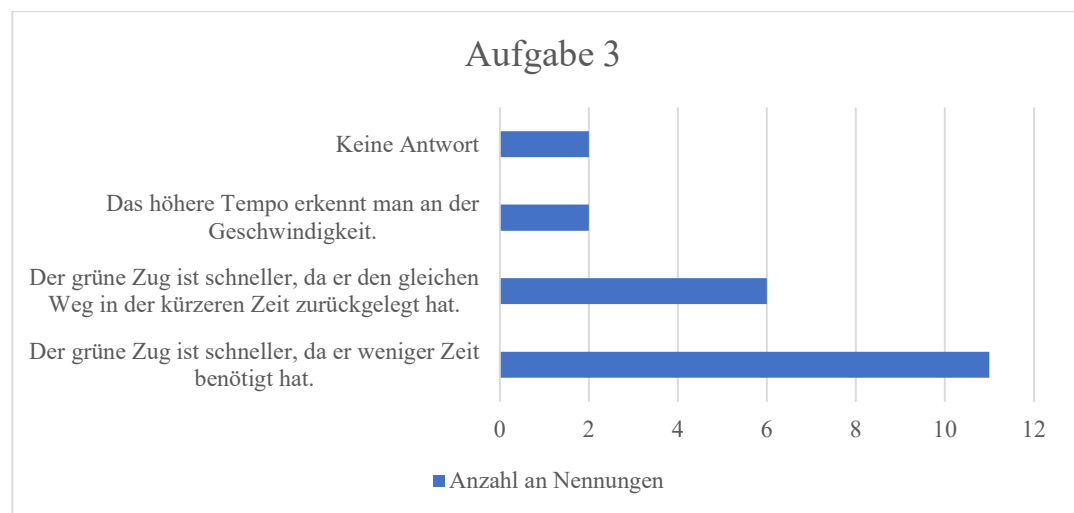


Abbildung 24: Lösungen AB 5.11 Nr. 3

Quelle: Eigene Darstellung

Die Abbildung 24 zeigt die häufigsten Antworten der Schülerinnen und Schüler bei der Aufgabe 3. Die Begründungen zeigen, dass sechs Schülerinnen und Schüler einen Bezug zwischen Weg und Zeit herstellen (vgl. Abb. 24). Elf weitere Schüle-

rinnen und Schüler können beschreiben, dass an der Zeit deutlich wird, wer schneller ist (vgl. Abb. 24). Damit sind insgesamt 17 Schülerinnen und Schüler in der Lage zu erkennen, dass bei gleichem Weg derjenige schneller ist, der eine kürzere Zeit benötigt hat.

Aus der Abbildung 24 geht hervor, dass zwei Schüler angegeben haben, dass das Tempo an der Geschwindigkeit erkannt werden kann. Die Aussage ist jedoch nur bei Verwendung von Geschwindigkeitspfeilen korrekt. Da jedoch keine Geschwindigkeitspfeile verwendet werden, zeigt dies, dass die Schüler das Tempo mit der Geschwindigkeit gleichsetzen. Hierbei ist anzumerken, dass ein Schüler an der Einheit „Tempo“ und „Geschwindigkeit“ nicht teilgenommen hat. Im Vergleich der richtigen und falschen Antworten wurde jedoch deutlich, dass mehr als dreiviertel der Schülerinnen und Schüler ein korrektes Konzept entwickeln konnten.

Die Abbildung 25 zeigt, dass bei der Aufgabe 4 13 Schülerinnen und Schüler einen Zusammenhang zwischen Tempo und Weg hergestellt haben. 4 Schülerinnen und Schüler beschreiben den Zusammenhang zwischen Weg und Zeit (vgl. Abb. 25). Dementsprechend können 17 von 21 Schülerinnen und Schülern das Tempo anhand von Weg und Zeit vergleichen. Dies deutet auf ein umfangreiches Verständnis des Zusammenhangs von Weg, Zeit und Tempo hin.

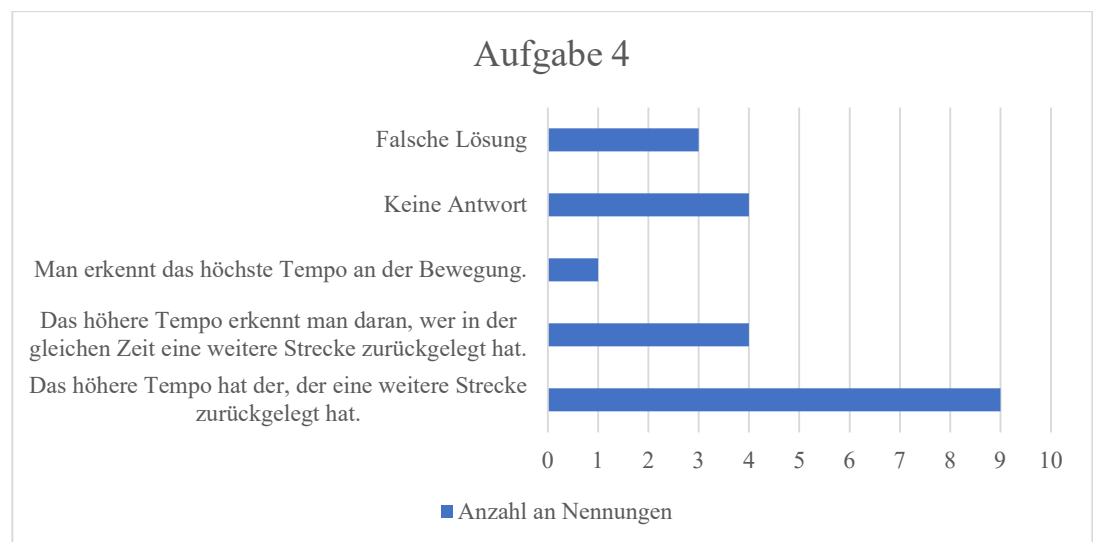


Abbildung 25: Lösungen AB 5.12 Nr. 4

Quelle: Eigene Darstellung

Eine interessante Antwort war „Man erkennt das höchste Tempo an der Bewegung.“ (Abb. 25). Eine Möglichkeit ist, dass die Frage als „Woran erkennt man, dass etwas ein Tempo hat?“ interpretiert wurde. Vier Schülerinnen und Schüler haben keine Antwort gegeben (vgl. Abb. 25). Diese Schülerinnen und Schüler können

das Tempo bestimmen, den Zusammenhang jedoch nicht versprachlichen. Zudem zeigt die Abbildung 25, dass die Aufgabe von drei Schülerinnen und Schülern falsch beantwortet wurde. Eine Schülerin war bei der Unterrichtseinheit nicht dabei, sodass hierzu kein Wissen angeeignet wurde. Zwei Schülerinnen und Schüler haben als schnellstes Tempo denjenigen mit dem kürzesten Weg angegeben. Damit sind bis auf zwei Schülerinnen und Schüler alle, die an der Unterrichtseinheit teilgenommen haben, in der Lage, anhand des Wegs und der Zeit zu bestimmen, wer das höchste Tempo hat. Zudem können sie hierbei auf physikalische Grundlagen zurückgreifen. Damit wurden die zentralen Ziele der Unterrichtseinheit 1 erreicht. Die Aufgabe 5 ist eine Verständnisaufgabe zum Begriff Geschwindigkeit. Insgesamt haben 19 von 21 Schülerinnen und Schülern die Aufgabe richtig beantwortet (vgl. Abb. 26).

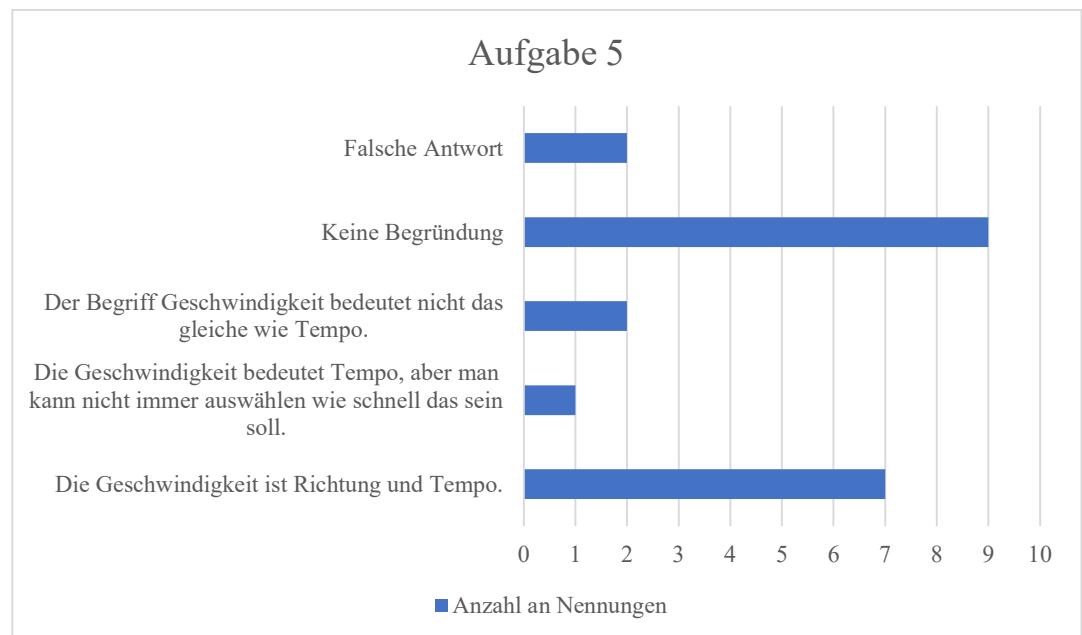


Abbildung 26: Lösungen AB 5.12 Nr. 5

Quelle: Eigene Darstellung

Ungefähr die Hälfte der Schülerinnen und Schüler hat nur angegeben, welche Aussagen korrekt sind und keinen Verbesserungsvorschlag gegeben (vgl. Abb. 26). Eine Antwort war: „Die Geschwindigkeit bedeutet Tempo, aber man kann nicht immer auswählen wie schnell das sein soll“ (Abb. 26). Dies zeigt, dass der Schüler über mehrere Konzepte gleichzeitig verfügt. Er gibt an, dass die Aussage „Die Geschwindigkeit gibt das Tempo und die Richtung an“ korrekt ist. Allerdings beschreibt er gleichzeitig „Geschwindigkeit bedeutet Tempo“ (Abb. 26). Zwei Schülerinnen und Schüler waren der Meinung, Geschwindigkeit ist das gleiche wie

Tempo (vgl. Abb. 26). Davon war eine Schülerin bei der Unterrichtseinheit zu Tempo und Geschwindigkeit nicht dabei. Somit konnten, ausgenommen der Schülerinnen und Schüler, die an der Unterrichtseinheit nicht teilgenommen haben, bis auf einen Schüler alle Schülerinnen und Schüler das Konzept erwerben, dass Geschwindigkeit aus Tempo und Richtung zusammengesetzt wird. Die Hälfte der Schülerinnen und Schüler ist in der Lage zu begründen, dass Geschwindigkeit nicht gleich Tempo ist.

Die Aufgabe 6a) wurde von allen Schülerinnen und Schülern richtig beantwortet. Dies zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, anhand des Geschwindigkeitspfeils zu bestimmen, wer die höchste Geschwindigkeit hat. Die Aufgabe 6b) hat zu Missverständnissen geführt, da ein Fehler in der Aufgabe war. Die Aufgabe war, zu bestimmen, welche Züge die gleiche Geschwindigkeit haben. Allerdings hat kein Zug die gleiche Geschwindigkeit (vgl. Anhang, 4.1). In der Durchführung kamen hierzu vermehrt Fragen, was jedoch zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass das Konzept nicht anwendbar ist, da kein Zug die gleiche Geschwindigkeit hat.

In der Auswertung der Aufgabe 6 wurde deutlich, dass nur getestet werden kann, ob die Schülerinnen und Schüler das Tempo am Geschwindigkeitspfeil erkennen. In der Überarbeitung der Aufgabe sind daher 2 Züge mit gleichem Tempo und unterschiedlicher Richtung (vgl. Anhang 4.2). Damit kann geprüft werden, ob das Tempo mit der Geschwindigkeit gleichgesetzt wird.

Die Aufgabe 7a haben 20 von 21 Schülerinnen und Schülern richtig beantwortet. Das Einzeichnen des Geschwindigkeitspfeils zu der Bewegung der Kugel ist den Schülerinnen und Schülern gelungen (vgl. Abb. 27).

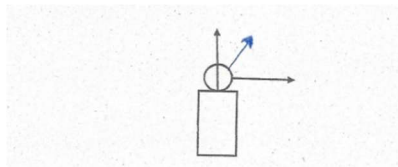


Abbildung 27: AB 5.13 Nr. 7a) SuS Lösung Beispiel

Quelle: Eigene Darstellung

Keine Schülerin oder kein Schüler hat die Bewegung in Stoßrichtung gezeichnet. Damit konnten alle Schülerinnen und Schüler das Konzept erwerben, dass sich die Kugel nicht in Stoßrichtung bewegt. Im Vergleich zu den Vermutungen zu Beginn der Unterrichtseinheit (vgl. Kapitel 4.2.3.1) konnte hier ein Konzeptwechsel erreicht werden.

Die Aufgabe 7b war die Aufgabe mit den meisten falschen Antworten. Dies könnte daran liegen, dass Inhalte teilweise erst in der gleichen Unterrichtsstunde eingeführt wurden. Einige Schülerinnen und Schüler haben als Antwort in der ersten Lücke die Antwort „Anfangsgeschwindigkeit“ angegeben. Dies könnte daran liegen, dass wir in der Unterrichtsstunde zuvor einen Lückentext zu Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit bearbeitet haben. Da der Begriff „Zusatzgeschwindigkeit“ in die zweite Lücke passt, könnten die Schülerinnen und Schüler versucht haben, die anderen Geschwindigkeiten zuzuordnen. Daher könnte die Antwort aufgabenbedingt sein. Insgesamt gab es nur eine richtige Lösung von einer Schülerin, die nur an der Einheit „Zusatzgeschwindigkeit“ teilgenommen hat. Dies wirft die Frage auf, ob durch die Einheiten „Tempo“ und „Geschwindigkeit“ Konzepte entwickelt worden sind, die dem Konzept widersprechen. Allerdings wurde der Begriff „Kraft“ erst in der Einheit 3 eingeführt. Daher ist dieser möglicherweise noch nicht verankert. Im Gegensatz dazu konnten die meisten Schülerinnen und Schüler benennen, dass eine Einwirkung auf einen Körper eine Zusatzgeschwindigkeit bewirkt. Bei nochmaliger Durchführung sollte die Aufgabe dennoch angepasst werden. Anstelle eines Lückentextes könnte die Aufgabe lauten: Beschreibe die Bewegung der Kugel, wenn du gegen sie stößt. Nutze dazu die Begriffe Anfangsgeschwindigkeit, Zusatzgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Kraft. Hierbei müssen Zusammenhänge hergestellt werden.

Insgesamt zeigt der Test, dass die Schülerinnen und Schüler physikalisch anschlussfähige Grundlagen zu dem Begriff Geschwindigkeit aufbauen konnten. Allerdings zeigen sich allgemeine Schwierigkeiten mit Schülervorstellungen. Je nach Kontext wird zwischen unterschiedlichen Konzepten gewechselt. Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass Geschwindigkeit aus Tempo und Richtung zusammengesetzt wird. Zudem können die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass eine Einwirkung eine Zusatzgeschwindigkeit bewirkt.

## **5 Fazit**

Das Ziel der Arbeit war, auf Grundlage der vorhandenen Konzepte von Jung, Wiesner, Wilhelm und Hopf ein Unterrichtskonzept zu „Bewegung und Kraft“ für den Sachunterricht zu entwickeln und zu reflektieren. Dazu wurde zunächst im theoretischen Teil die Bedeutung von „Bewegung und Kraft“ für den Sachunterricht sowie vorhandene Konzepte zu „Bewegung und Kraft“ dargestellt. Beginnend wurde

das Thema „Bewegung und Kraft“ im hessischen Kerncurriculum eingeordnet sowie die fachlichen Grundlagen dargestellt. Im Besonderen in Bezug auf die Lebenswelt und den Anschluss an den Fachunterricht hat das Thema „Bewegung und Kraft“ eine zentrale Rolle. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf den Schülervorstellungen. Hierbei wurde hervorgehoben, dass der Unterricht einen zentralen Einfluss auf die Erweiterung oder Veränderung von Schülervorstellungen hat. Hierbei hat sich gezeigt, dass es im Besonderen zur Mechanik einige Fehlvorstellungen gibt, welche vor allem durch Alltagsvorstellungen beeinflusst werden. Daran anschließend wurden beginnend mit dem traditionellen Physikunterricht über Konzepte der Grundschule bis zur Sekundarstufe I und II unterschiedliche Konzepte zu „Bewegung und Kraft“ dargestellt. Der traditionelle Physikunterricht zeichnet sich vor allem durch die Betrachtung eindimensionaler Bewegungen aus, was jedoch Fehlkonzepte fördert. Die Konzepte von Jung, Wiesner und Wilhelm bieten einen neuen Ansatz mit dem Schwerpunkt auf zweidimensionale Bewegungen und dem Ziel des Erwerbs eines qualitativen Verständnisses. Im Gegensatz zum traditionellen Physikunterricht wird Geschwindigkeit als zweidimensionale Größe und die Geschwindigkeitsänderung mit der Zusatzgeschwindigkeit eingeführt. Zusätzlich wird der Begriff Kraft über die Dynamik und nicht, wie klassisch, über die Statik eingeführt. Aus den empirischen Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass es lernerschwierig ist, den Mechanikunterricht erst in der Sekundarstufe I einzuführen. In Jungs Studien wurde deutlich, dass bereits Grundschülerinnen und Grundschüler die Grundlagen der Mechanik lernen können. Ebenso wurde deutlich, dass vor allem leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler mit dem zweidimensional-dynamischen Konzept höhere Lerneffekte erzielen. Insofern ist das Thema in Bezug auf die Entwicklung anschlussfähiger Konzepte von zentraler Bedeutung.

Auf der Grundlage der Konzepte von Jung, Wiesner, Wilhelm und Hopf wurde ein Unterrichtskonzept zu „Bewegung und Kraft“ in der Grundschule entwickelt. Hierzu wurden zunächst die didaktisch-methodischen Überlegungen dargestellt. Der Schwerpunkt des Konzepts liegt auf der Förderung eines qualitativen Verständnisses zu den Begriffen Tempo, Geschwindigkeit und Kraft. Das Ziel ist, anschlussfähige Konzepte zur Kinematik und Dynamik aufzubauen, an die der Fachunterricht anknüpfen kann. Zentral ist, wie in den neuen Konzepten, die Einführung der Geschwindigkeit als zweidimensionale Größe mit Geschwindigkeitspfeil, der senk-

rechte Stoß zur Betrachtung von Geschwindigkeitsänderungen über die Zusatzgeschwindigkeit sowie die Einführung des Begriffs Kraft über die Zusatzgeschwindigkeit.

In der Reflektion der Durchführung der der selbstentwickelten Unterrichtseinheit wurde deutlich, welche didaktischen Entscheidungen, Aufgaben und Methoden zur Erreichung der Unterrichtsziele geeignet sind und wo Verbesserungspotentiale sind. Besonders gelungen ist das Experiment „Zeitstoppen“ zur Einführung des Begriffs Tempo, die Einführung des Begriffs Geschwindigkeit über Tempo und Richtung mit dem Experiment „Wägen treffen sich“ und die Einführung der Zusatzgeschwindigkeit. In der Auswertung des Tests zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, zwischen dem Begriff „Tempo“ und „Geschwindigkeit“, zu unterscheiden. Im Besonderen konnte ein Konzeptwechsel durch das Experiment „Torschuss“ gefördert werden. Während einige Schülerinnen und Schüler zu Beginn das Konzept hatten „Stoßrichtung gleich Bewegungsrichtung“ zeigt die Auswertung der Aufgaben, dass das Konzept der Zusatzgeschwindigkeit erworben wurde. Im Besonderen durch die Quizaufgaben wurde der Zusammenhang zwischen Zusatzgeschwindigkeit und Kraft deutlich. Die Schülerinnen und Schüler konnten das Konzept entwickeln, dass eine Einwirkung eine Geschwindigkeitsänderung bewirkt. Fraglich ist jedoch, inwieweit konzeptualisiert wurde, dass jede Kraft eine Geschwindigkeitsänderung bewirkt.

Zusätzlich konnten in der Reflektion der Durchführung der selbstentwickelten Unterrichtseinheiten Verbesserungsvorschläge herausgearbeitet werden. In der zeitlichen Planung sollte vor allem die zweite Unterrichtsstunde auf zwei Unterrichtsstunden verteilt werden, da hierbei zu viel Inhalt auf eine Unterrichtsstunde geplant war. Zudem sollte in der Einheit 3 zur Zusatzgeschwindigkeit hervorgehoben werden, dass jede Kraft eine Änderung der Bewegung bewirkt. Außerdem wurden die Materialien auf Grundlage der Reflektion angepasst, mit dem Ziel, die Passung des Konzepts für die Grundschule weiterzuentwickeln.

Insgesamt ist es gelungen, auf Grundlage der Konzepte von Jung, Wiesner, Wilhelm und Hopf ein Unterrichtskonzept zu „Bewegung und Kraft“ im Sachunterricht in der Grundschule zu entwickeln. Aus der Reflektion und Auswertung der Unterrichtseinheit geht hervor, dass die Grundschülerinnen und Grundschüler die zentralen Begriffe Tempo, Geschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit und damit die

Grundlagen der Kinematik und Dynamik mit dem Unterrichtskonzept zu „Bewegung und Kraft“ erwerben konnten. Aufgrund der positiven Lerneffekte mit dem Unterrichtskonzept stellt sich die Frage, warum das Thema „Bewegung und Kraft“ zumeist nicht in der Grundschule eingeführt wird. Weiteres Ziel des Sachunterrichts sollte daher sein, durch geeignete Unterrichtskonzepte zu den Themen wie „Bewegung und Kraft“ den Aufbau anschlussfähiger Konzepte zu fördern.

## V. Literaturverzeichnis

- Bönsch, M. (2021). Mind Mapping im Sachunterricht. Visualisieren – Strukturieren – Präsentieren. In A. Kaiser & D. Pech (Hrsg.), *Unterrichtsplanung und Methoden* (S. 89-95). Schneider Verlag Hohengehren.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Verlag Julius Klinkhardt.  
<https://doi.org/10.35468/9783781552920>.
- Gold, A. (2015). *Guter Unterricht: Was wir wirklich darüber wissen*. Vendenhoeck & Ruprecht GmbH & Co.KG. <https://doi.org/10.13109/9783666701726>.
- Götze, D. (o. D.). *Kapitänsaufgaben*. KIRA: Deutsches Zentrum für Lehrkräftebildung Mathematik. <https://kira.dzlm.de/geo-co/gr%C3%B6%C3%9Fen-und-messen/kapit%C3%A4nsaufgaben>.
- Hessisches Kultusministerium (2011). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder: Das neue Kerncurriculum für Hessen*.
- Hilmes, J. & Troué, N. (2021). *Leitfaden Visualisierung im Unterricht: Grundlegende Techniken der Visual Facilitation und des Sketchnoting*. Klett Kallmeyer.
- Jung, W., Reul, J. & Schwedes, H. (1977). *Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6; Beiträge zur Methodik und Didaktik der Physik*. Verlag Moritz Diesterweg.
- Kahlert, J. (2022). *Der Sachunterricht und seine Didaktik*. Verlag Julius Klinkhardt.  
<https://doi.org/10.36198/9783838558585>.
- Krauthausen, G. & Scherer, P. (2007). *Einführung in die Mathematikdidaktik*. Spektrum.
- Krauthausen, G. & Scherer, P. (2022). *Natürliche Differenzierung im Mathematikunterricht: Konzepte und Praxisbeispiele aus der Grundschule*. Klett Kallmeyer.
- Möller, K. (2016). Anschlussfähigkeit im Sachunterricht nach unten und oben herstellen – Ziele, Bedingungen und Möglichkeiten. In H. Giest, A. Hartinger

- & T. Goll (Hrsg.), *Sachunterricht – zwischen Kompetenzorientierung, Persönlichkeitsentwicklung, Lebenswelt und Fachbezug* (S. 21-34). Verlag Julius Klinkhardt.
- Möller, K. (2018). Die Bedeutung von Schülervorstellungen für das Lernen im Sachunterricht. In M. Adamina, M. Kübler, K. Kalcsics, S. Bietenhard & E. Engeli (Hrsg.), „*Wie ich mir das denke und vorstelle... ‘: Vorstellungen von Schülerinnen und Schülerin zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft* (S. 35-50). Verlag Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.35468/9783781556867>.
- Möller, K. (2022). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (S. 262-268). Verlag Julius Klinkhardt.
- Müller, F. (2014). *Alltäglicher Umgang mit Heterogenität: Grundschule*. Debus Pädagogik. <https://doi.org/10.46499/9783954141081>.
- Osterhage, W. W. (2018). *Eine Rundreise durch die Physik: Ein kompakter Überblick von der Kinematik zum Quantencomputer*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-68341-5>.
- Padberg, F. & Büchter, A. (2015). *Einführung Mathematik Primarstufe – Arithmetik*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-43449-9>
- Pusch, A., Ubben, M. S., Schlummer, P. & Welberg, J. (2024). *Demonstrationsexperimente gestalten: Konzeption und Umsetzung in Theorie und Praxis*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-68520-4>.
- Renkl, A. (2020). Wissenserwerb. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 3-24). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61403-7>.
- Schecker, H. & Duist, R. (2018). Schülervorstellungen und Physiklernen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 1-21). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2>.

- Schecker, H. & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen in der Mechanik. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 63-88). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2>.
- Scheid, H. & Schwarz, W. (2017). *Elemente der Geometrie*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-50323-2>.
- Schiefele, U. & Schaffner, E. (2020). Motivation. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 163-185). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61403-7>.
- Seiter, M., Krabbe, H. & Wilhelm, T. (2020). *Vergleich von Zugängen zur Mechanik in der Sekundarstufe I*. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 271-280. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1053>.
- Spatz, V., Hopf, M., Wilhelm, T., Waltner, C. & Wiesner, H. (2018). Eine Einführung in die Mechanik über die zweidimensionale Dynamik: Die Wirksamkeit des Design-Based Research Ansatzes. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 71–82. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0074-y>.
- Wiesner, H., Wilhelm, T., Waltner, C., Tobais, V., Rachel, A. & Hopf, M. (2016). *Kraft und Geschwindigkeitsänderung: Neuer fachdidaktischer Zugang zur Mechanik*. Aulis Verlag.
- Wilhelm, T. (2021). Unterrichtskonzeptionen zur Kinematik. In T. Wilhelm, H. Schecker & M. Hopf (Hrsg.), *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 51-80). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-63053-2>.
- Wilhelm, T. & Gemici, B. (2017). *Beschleunigungsverständnis in der Oberstufe*. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 153 - 166. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/751>.

- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2021). Unterrichtskonzeptionen zur Dynamik. In T. Wilhelm, S. Schecker & M. Hopf (Hrsg.), *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 81-120). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-63053-2>.
- Wilhelm, T. & Schecker, H. (2018). Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 39-61). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2>.
- Wilhelm, T., Wiesner, H. & Hopf, M. (2013). *Lehrerhandbücher zur zweidimensional-dynamischen Mechanik*. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1-6. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/418>.
- Wilhelm, T., Wiesner, H., Hopf, M. & Rachel, A. (2013). *Mechanik II: Dynamik, Erhaltungssätze, Kinematik*. Aulis Verlag.

## VI. Anhangsverzeichnis

<b>Anhang 1: Unterrichtseinheit „Tempo“</b> .....	XII
<b>Anhang 1.1: Arbeitsblatt „Tempo“</b> .....	XII
<b>Anhang 1.1.1: AB 1.1</b> .....	XII
<b>Anhang 1.1.2: Neue Version AB 1.1</b> .....	XIII
<b>Anhang 1.2: Experiment „Zeitstoppen“</b> .....	XIV
<b>Anhang 1.2.1: Aufbau des Experiments</b> .....	XIV
<b>Anhang 1.2.2: Arbeitsblatt „Zeitstoppen“</b> .....	XV
<b>Anhang 1.3: Experiment „Wägen“</b> .....	XVII
<b>Anhang 1.3.1: Aufbau des Experiments</b> .....	XVII
<b>Anhang 1.3.2: Karten zum Tempo</b> .....	XIX
<b>Anhang 1.4: Übungen zum Tempo</b> .....	XX
<b>Anhang 1.4.1: AB 1.31 und AB 1.32</b> .....	XX
<b>Anhang 1.4.2: Neue Version AB 1.31 und AB 1.32</b> .....	XXII
<b>Anhang 1.4.3: Zusatzaufgabe</b> .....	XXIV
<b>Anhang 1.4.4: Tippkarten</b> .....	XXVI
<b>Anhang 1.4.5: AB 1.4</b> .....	XXVIII
<b>Anhang 1.4.6: Neue Version AB 1.4</b> .....	XXIX
<b>Anhang 2: Unterrichtseinheit „Geschwindigkeit“</b> .....	XXX
<b>Anhang 2.1: Experiment „Wägen treffen sich“</b> .....	XXX
<b>Anhang 2.1.1: Aufbau des Experiments</b> .....	XXX
<b>Anhang 2.1.2: Karten zur Geschwindigkeit</b> .....	XXXI
<b>Anhang 2.1.3: Geschwindigkeitspfeile</b> .....	XXXII
<b>Anhang 2.2: Übung Geschwindigkeitspfeil</b> .....	XXXIV
<b>Anhang 2.2.1: AB 2.1</b> .....	XXXIV
<b>Anhang 2.2.2: Neue Version AB 2.1</b> .....	XXXV
<b>Anhang 2.3: Spiel „Rennautos“</b> .....	XXXVI
<b>Anhang 2.3.1: Spielregeln</b> .....	XXXVI
<b>Anhang 2.3.2: AB 2.21 und AB 2.22</b> .....	XXXVII
<b>Anhang 2.3.3: Neue Version AB 2.21 und AB 2.22</b> .....	XXXIX
<b>Anhang 2.4: Arbeitsblatt „Autos und Geschwindigkeit</b> .....	XLI
<b>Anhang 3: Unterrichtseinheit: „Zusatzgeschwindigkeit“</b> .....	XLII
<b>Anhang 3.1: Experiment „Torschuss“</b> .....	XLII
<b>Anhang 3.1.1: Aufbau des Experiments</b> .....	XLII
<b>Anhang 3.1.2: Arbeitsblätter</b> .....	XLIII
<b>Anhang 3.1.2.1: Experiment „Torschuss“</b> .....	XLIII

<b>Anhang 3.1.2.2: Neue Version Experiment „Torschuss“ .....</b>	<b>XLV</b>
<b>Anhang 3.1.3: Karten zur Zusatzgeschwindigkeit .....</b>	<b>XLVII</b>
<b>Anhang 3.1.4: Geschwindigkeitspfeile .....</b>	<b>XLVIII</b>
<b>Anhang 3.2: Experiment Air-Ball .....</b>	<b>XLIX</b>
<b>Anhang 3.3: Quiz .....</b>	<b>XLIX</b>
<b>Anhang 4: Test zur Unterrichtseinheit .....</b>	<b>LV</b>
<b>Anhang 4.1 Test.....</b>	<b>LV</b>
<b>Anhang 4.2: Neue Version Test AB 5.13.....</b>	<b>LVIII</b>

## Anhang 1: Unterrichtseinheit „Tempo“

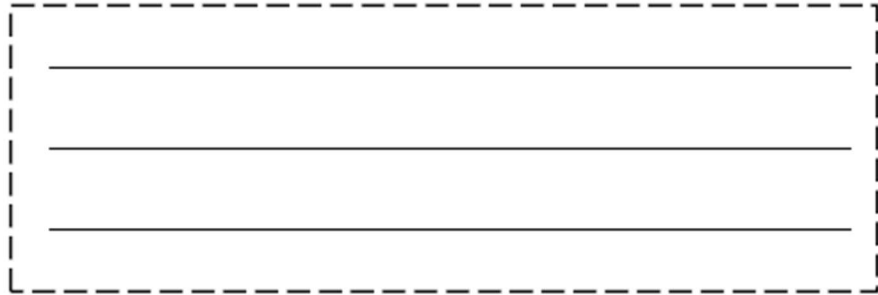
### Anhang 1.1: Arbeitsblatt „Tempo“

#### Anhang 1.1.1: AB 1.1

AB 1.1

Sachunterricht – Bewegung und Kraft

## Tempo



1. Was ist das Tempo? Wo ist Tempo im Alltag wichtig? Notiere deine Ideen in einer Mindmap.

TEMPO

## Anhang 1.1.2: Neue Version AB 1.1

N AB 1.1

Sachunterricht – Bewegung und Kraft

# Tempo

Das Tempo gibt die \_\_\_\_\_ an.

1. Was ist das Tempo? Wo ist Tempo im Alltag wichtig? Notiere deine Ideen in einer Mindmap.

TEMPO

## **Anhang 1.2: Experiment „Zeitstoppen“**

### **Anhang 1.2.1: Aufbau des Experiments**

#### Material

- AB 1.21
- AB 1.22
- Kreppband
- Stoppuhr

#### Vorbereitung

- Auf dem Boden wird mit Kreppband eine Startlinie und eine Ziellinie geklebt.
- Auf der digitalen Tafel kann eine Stoppuhr aufgerufen werden.

#### Durchführung

1. Das Arbeitsblatt wird ausgeteilt.
2. Der Ablauf des Experiments wird im Plenum gelesen.
3. Die Lehrkraft wählt eine Schülerin oder einen Schüler, der läuft und einen Schüler oder eine Schülerin, die die Zeit stoppt.
4. Es wird die Zeit gestoppt, die eine Schülerin oder ein Schüler für den Weg benötigt.
5. Die Zeiten notieren alle SuS auf dem Beobachtungsbogen.
6. Nach jedem Durchgang wählt die Läuferin oder der Läufer eine neue Läuferin oder einen neuen Läufer.
7. Wiederholung des Experiments
8. Im Anschluss wird in blau die Zeit mit dem höchsten Tempo und in rot die Zeit mit dem niedrigsten Tempo markiert.
9. Erkenntnis: Bei gleichem Weg und unterschiedlicher Zeit ist derjenige schneller, der den gleichen Weg in der kürzeren Zeit zurückgelegt hat.

#### Tipps

- Bei ähnlichen Tempos SuS anregen vorher bestimmtes Tempo zu wählen
- Bei mehreren langsamen Tempos kann die Anzahl an Runden reduziert werden, um die Konzentration aufrecht zu erhalten

## Anhang 1.2.2: Arbeitsblatt „Zeitstoppen“

AB 1.21

Sachunterricht – Bewegung und Kraft

### Experiment „Zeitstoppen“

#### Material

- Stift
- Stoppuhr
- Klebeband



#### Ablauf

1. Klebe mit dem Klebeband eine Startlinie und eine Ziellinie.

2. Eine Person läuft von der Startlinie bis zur Ziellinie. Dabei wird die Zeit gestoppt.

3. Notiere die Zeit, die für den Weg benötigt wird.

4. Wiederhole das Experiment mit unterschiedlichen Wegen.

Beobachtung

	Person 1	Person 2	Person 3
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Ergebnis

---



---



---

## **Anhang 1.3: Experiment „Wägen“**

### **Anhang 1.3.1: Aufbau des Experiments**

#### **Experiment 1 „Wägen auf gleichem Weg in unterschiedlicher Zeit“**

##### Vorbereitung

- Auf dem Boden werden mit Kreppband eine Startlinie und eine Ziellinie geklebt.

##### Durchführung

1. Die Züge werden an die Startlinie gestellt.
2. Die Lehrkraft erläutert die Aufgabe, gezielt zu beobachten.
3. Zwei SuS starten die Züge gleichzeitig.
4. Die SuS sollen anhand der Bewegung beurteilen, welcher Wagen schneller ist.
5. Merksatz an der Tafel notieren: Schneller ist, wer den gleichen Weg in unterschiedlicher Zeit zurückgelegt hat.

##### Tipps

- Auf den Wägen Tempoanzeigen abkleben.

#### **Experiment 2 „Wägen auf unterschiedlichem Weg in gleicher Zeit“**

##### Vorbereitung

- Wägen mit unterschiedlichem Tempo einstellen.
- Zwei Startlinien und eine Ziellinie mit Kreppband auf den Boden kleben.

##### Durchführung

1. Je ein Wagen wird an eine Startlinie gesetzt.
2. Die Lehrkraft erläutert die Aufgabe, gezielt zu beobachten.
3. Zwei SuS starten die Wägen gleichzeitig.
4. Die SuS sollen anhand der Bewegung beurteilen, welcher Wagen schneller ist.
5. Merksatz an der Tafel notieren: Schneller ist, wer in der gleichen Zeit den längeren Weg zurückgelegt hat.

##### Tipps

- Zur Vorbereitung kann ein Video des Versuchs aufgenommen werden, dass genutzt werden kann, wenn das Experiment nicht funktioniert.

### **Experiment 3 „Wägen auf unterschiedlichem Weg in unterschiedlicher Zeit“**

#### Vorbereitung

- Auf dem Boden mit Kreppband 2 Startlinien und 1 Ziellinie kleben.
- Wägen mit unterschiedlichem Tempo einstellen.

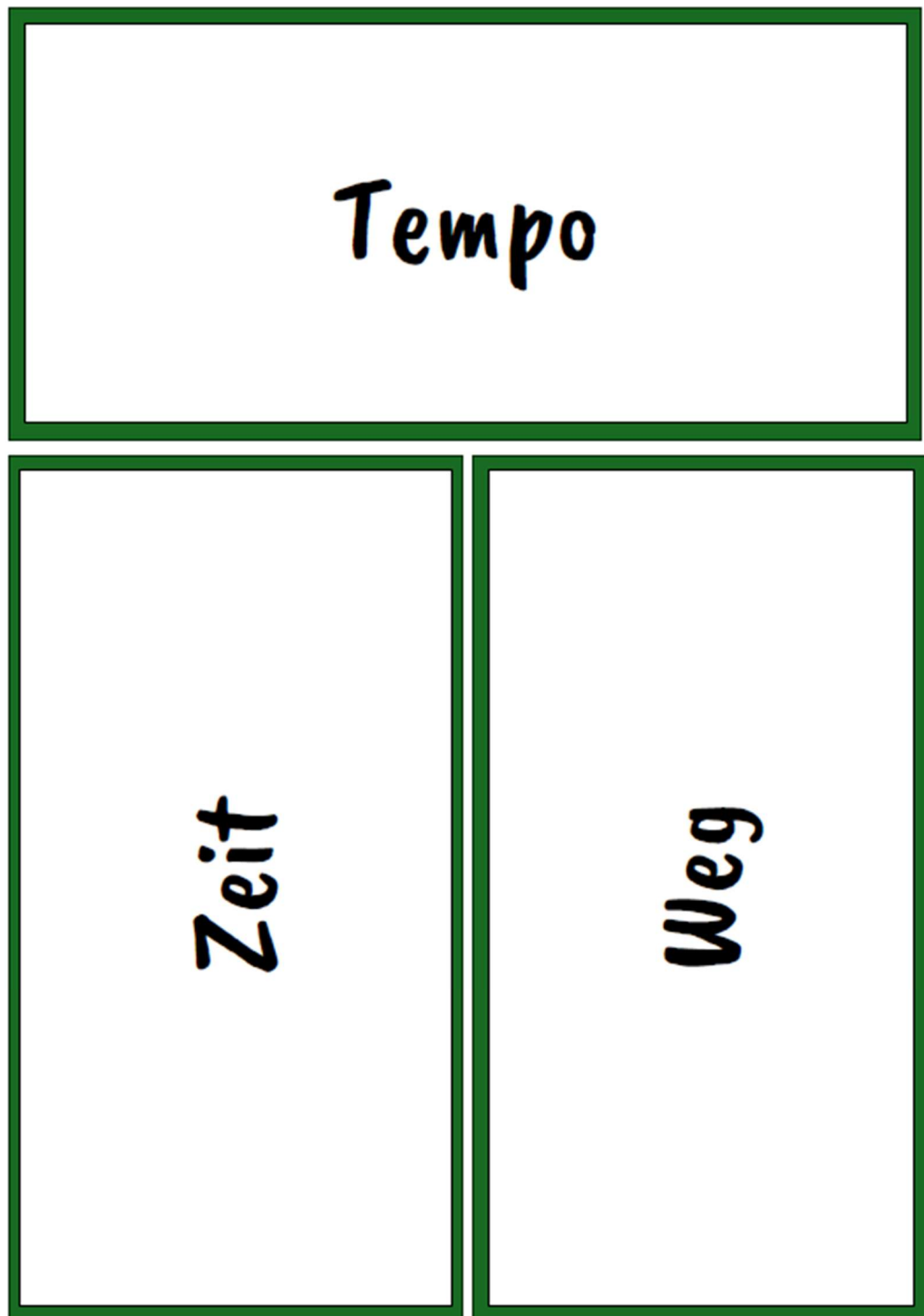
#### Durchführung

1. An jede Startlinie wird ein Wagen gestellt.
2. Die Lehrkraft erläutert die Aufgabe gezielt zu beobachten.
3. Zwei SuS starten die Wägen gleichzeitig.
4. Die SuS beurteilen anhand der Bewegung, wer schneller ist. Daraus wird resultiert, dass nicht bestimmt werden kann, wer das höhere Tempo hat.

#### Tipps

- Die Wägen sollten nicht ein zu unterschiedliches Tempo besitzen, damit nicht anhand des Tempos argumentiert wird.

Anhang 1.3.2: Karten zum Tempo



## Anhang 1.4: Übungen zum Tempo

### Anhang 1.4.1: AB 1.31 und AB 1.32

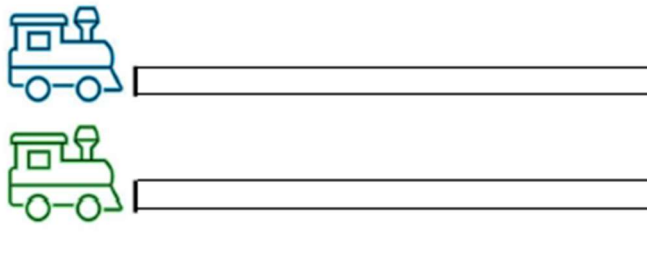
AB 1.31

Sachunterricht – Bewegung und Kraft

## Wer ist schneller?

Schneller ist, wer _____	!
_____	
Schneller ist, wer _____	
_____	

1. Kreuze die richtige Antwort an.



a) *Der blaue und der grüne Zug fahren gleichzeitig los. Der blaue Zug kommt zuerst ins Ziel. Wer ist schneller?*

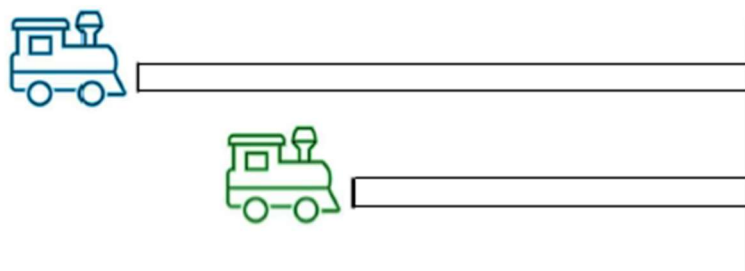
- Der blaue Zug ist schneller
- Der grüne Zug ist schneller
- Beide Züge sind gleich schnell.
- Es ist nicht möglich eine Aussage zu treffen, welcher Zug schneller ist.

Begründung

---

---

---



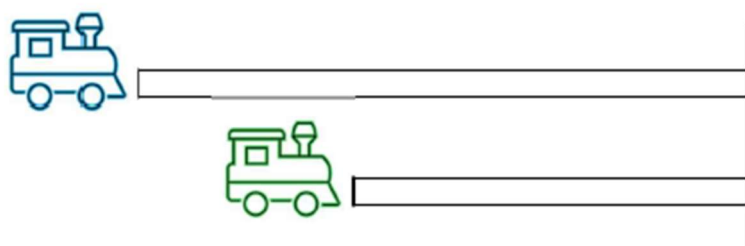
b) *Der blaue und der grüne Zug fahren gleichzeitig los und kommen gleichzeitig ins Ziel.*

- Der blaue Zug ist schneller.
- Der grüne Zug ist schneller.
- Beide Züge sind gleich schnell.
- Es ist nicht möglich eine Aussage zu treffen, welcher Zug schneller ist.

Begründung

---

---



c) *Der blaue und der grüne Zug fahren gleichzeitig los. Der grüne Zug kommt zuerst ins Ziel.*

- Der blaue Zug ist schneller.
- Der grüne Zug ist schneller.
- Beide Züge sind gleich schnell.
- Es ist nicht möglich eine Aussage zu treffen, welcher Zug schneller ist.

Begründung

---

---

## Anhang 1.4.2: Neue Version AB 1.31 und AB 1.32

N AB 1.31

Sachunterricht – Bewegung und Kraft

### Wer ist schneller?

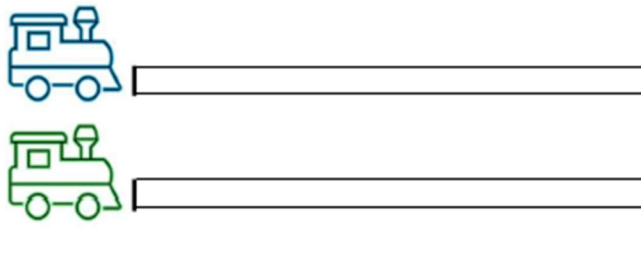
1. Wie kann das höhere Tempo anhand von Weg und Zeit bestimmt werden?

---

---

---

2. Kreuze die richtige Antwort an.



a) *Der blaue und der grüne Zug fahren gleichzeitig los. Der blaue Zug kommt zuerst ins Ziel. Wer ist schneller?*

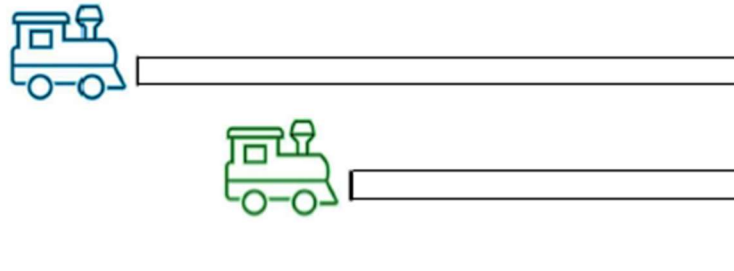
- Der blaue Zug ist schneller
- Der grüne Zug ist schneller
- Beide Züge sind gleich schnell.
- Es ist nicht möglich eine Aussage zu treffen, welcher Zug schneller ist.

Erkläre, wie du das höhere Tempo bestimmt hast.

---

---

---



b) *Der blaue und der grüne Zug fahren gleichzeitig los und kommen gleichzeitig ins Ziel.*

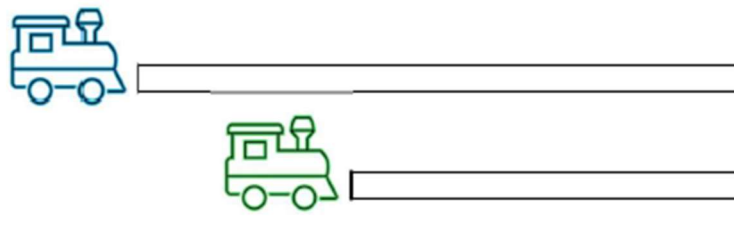
- Der blaue Zug ist schneller.
- Der grüne Zug ist schneller.
- Beide Züge sind gleich schnell.
- Es ist nicht möglich eine Aussage zu treffen, welcher Zug schneller ist.

Erkläre, wie du das höhere Tempo bestimmt hast.

---



---



c) *Der blaue und der grüne Zug fahren gleichzeitig los. Der grüne Zug kommt zuerst ins Ziel.*

- Der blaue Zug ist schneller.
- Der grüne Zug ist schneller.
- Beide Züge sind gleich schnell.
- Es ist nicht möglich eine Aussage zu treffen, welcher Zug schneller ist.

Erkläre, wie du das höhere Tempo bestimmt hast.

---



---

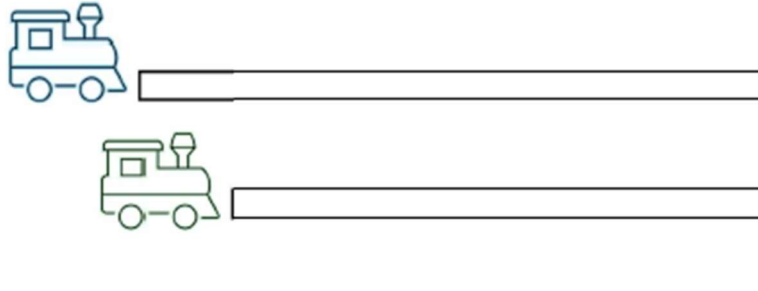
## Anhang 1.4.3: Zusatzaufgabe

ZA 1.1

Sachunterricht – Bewegung und Kraft

### Profi-Aufgaben

1. Kreuze die richtige Antwort an.



*Der grüne Zug startet früher als der blaue Zug. Beide Züge kommen gleichzeitig ins Ziel.*

- Der blaue Zug ist schneller.
- Der grüne Zug ist schneller.
- Beide Züge sind gleich schnell.
- Es ist nicht möglich eine Aussage zu treffen, welcher Zug schneller ist.

Begründung

---

---

2. Skizziere, wie die folgenden Züge gefahren sein können.

*Zwei Züge fahren 10 Minuten. Zug A ist weiter als Zug B.*

Warum ist Zug A weiter als Zug B?

---

---

3. Wer ist schneller? Begründe deine Antwort.

*Tim läuft 1km zur Schule. Dafür benötigt er 15 Minuten. Theo läuft auch 1km zur Schule. Er benötigt 10 Minuten.*

---

---

4. Wie müsste die Aufgabe lauten, sodass Tim das schnellere Tempo hat?

---

---

---

5. Skizziere ein passendes Bild.

*Bei einem Schullauf laufen die Schüler und Schülerinnen 3 Minuten. Tim läuft insgesamt 500m. Theo läuft 400m.*



6. Wer ist schneller? Begründe deine Antwort.

---

---

---

## Anhang 1.4.4: Tippkarten

### **Tipp 1**

Ist die Weglänge gleich, kann man die Zeit vergleichen, die für den Weg benötigt wurde.

### **Tipp 2**

Ist die Zeit gleich, kann man den Weg vergleichen, der zurückgelegt wurde.

### Tipp 3

Fahren zwei Objekte den gleichen Weg in unterschiedlicher Zeit, ist das Objekt schneller, das weniger Zeit benötigt.

### Tipp 4

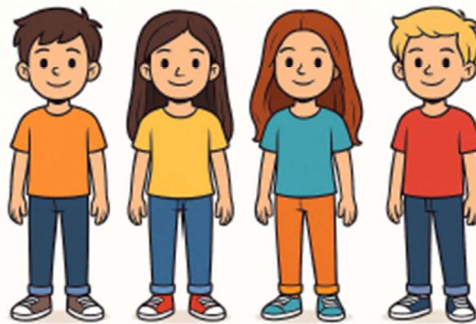
Fahren zwei Objekte in der gleichen Zeit einen unterschiedlichen Weg, ist das Objekt schneller, das den längeren Weg zurückgelegt hat.

## Tempo – Wer hat Recht?

🔍 Wer hat Recht? Verbessere falsche Aussagen.

Schneller ist, wer als erstes im Ziel ist.

Schneller ist, wer den gleichen Weg in der kürzeren Zeit gefahren ist.



Der langsamere ist immer der, der als letztes ins Ziel kommt.

Fahren zwei Züge den gleichen Weg in der gleichen Zeit, sind beide Züge gleich schnell.

## Anhang 1.4.6: Neue Version AB 1.4

N AB 1.4

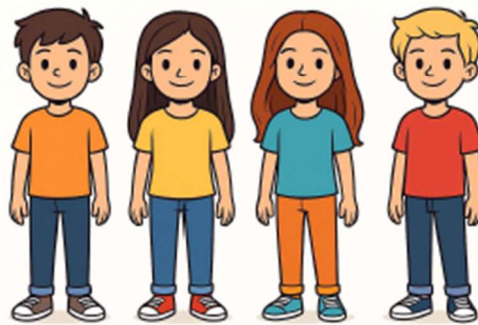
Sachunterricht – Bewegung und Kraft

# Tempo – Wer hat Recht?

 Wer hat Recht? Verbessere falsche Aussagen.

Schneller ist, wer als erstes im Ziel ist.

Schneller ist, wer den gleichen Weg in der kürzeren Zeit gefahren ist.



Der langsamere ist immer der, der als letztes ins Ziel kommt.

Zwei Züge fahren von der Startlinie zur Ziellinie in der gleichen Zeit. Beide sind gleich schnell.

## **Anhang 2: Unterrichtseinheit „Geschwindigkeit“**

### **Anhang 2.1: Experiment „Wägen treffen sich“**

#### **Anhang 2.1.1: Aufbau des Experiments**

##### Material

- 2 Wägen
- AB 2.11
- AB 2.12

##### Vorbereitung

- AB 2.11 und 2.12 ausdrucken

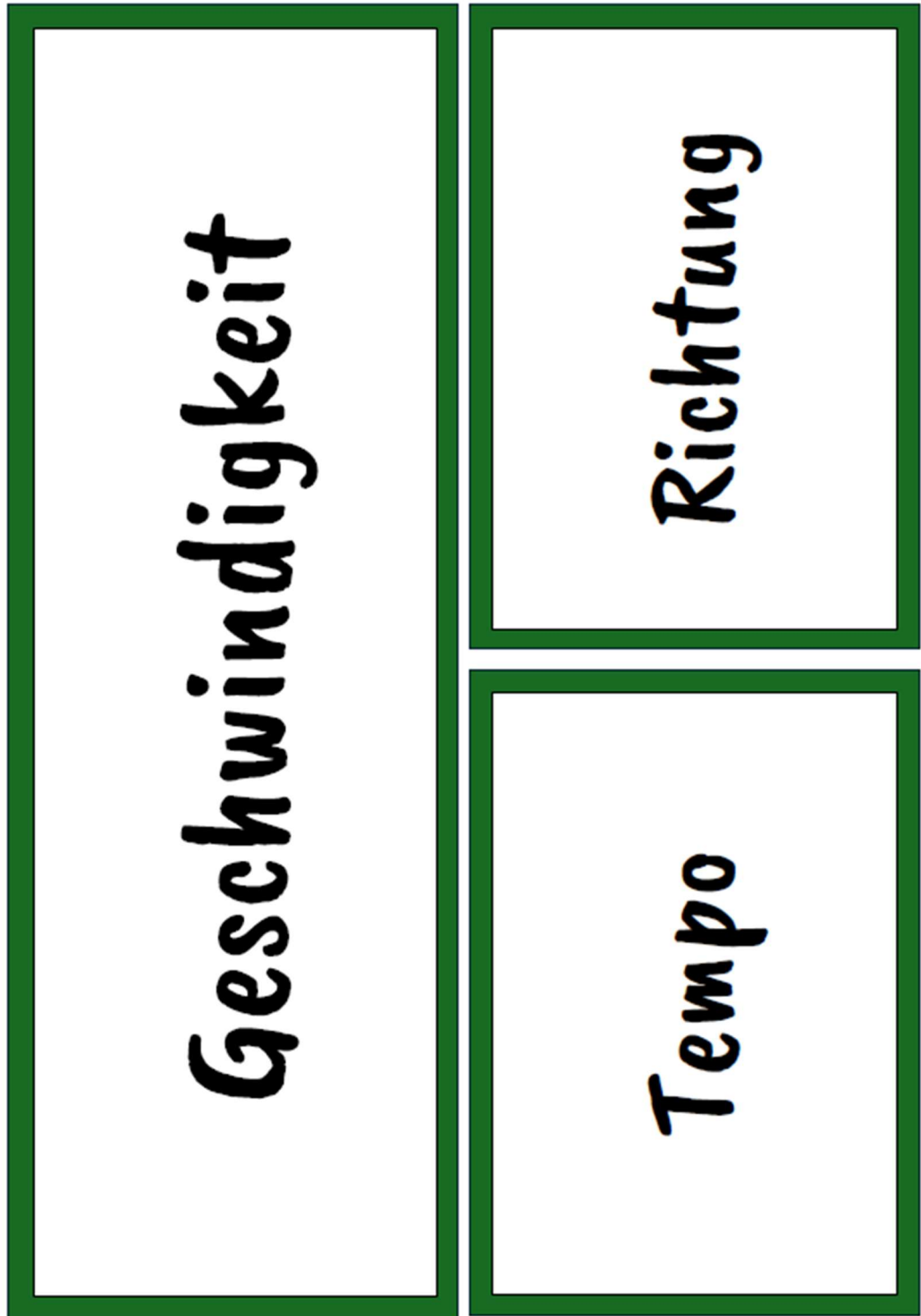
##### Durchführung

1. Die SuS kommen in den Stuhlkreis.
2. Die SuS sammeln Vermutungen, welche Bedingungen gegeben sein müssen, damit sich die Wägen treffen.
3. Die Lehrkraft legt zur Nennung des Begriffs die Karten Tempo und Richtung aus.
4. Die Lehrkraft führt den Begriff Geschwindigkeit ein, indem die Karte Geschwindigkeit als Überbegriff gelegt wird.
5. Zwei SuS richten die Wägen aus.
6. Die SuS beobachten die Bewegung.
7. Erkenntnis: Geschwindigkeit setzt sich aus Tempo und Richtung zusammen.

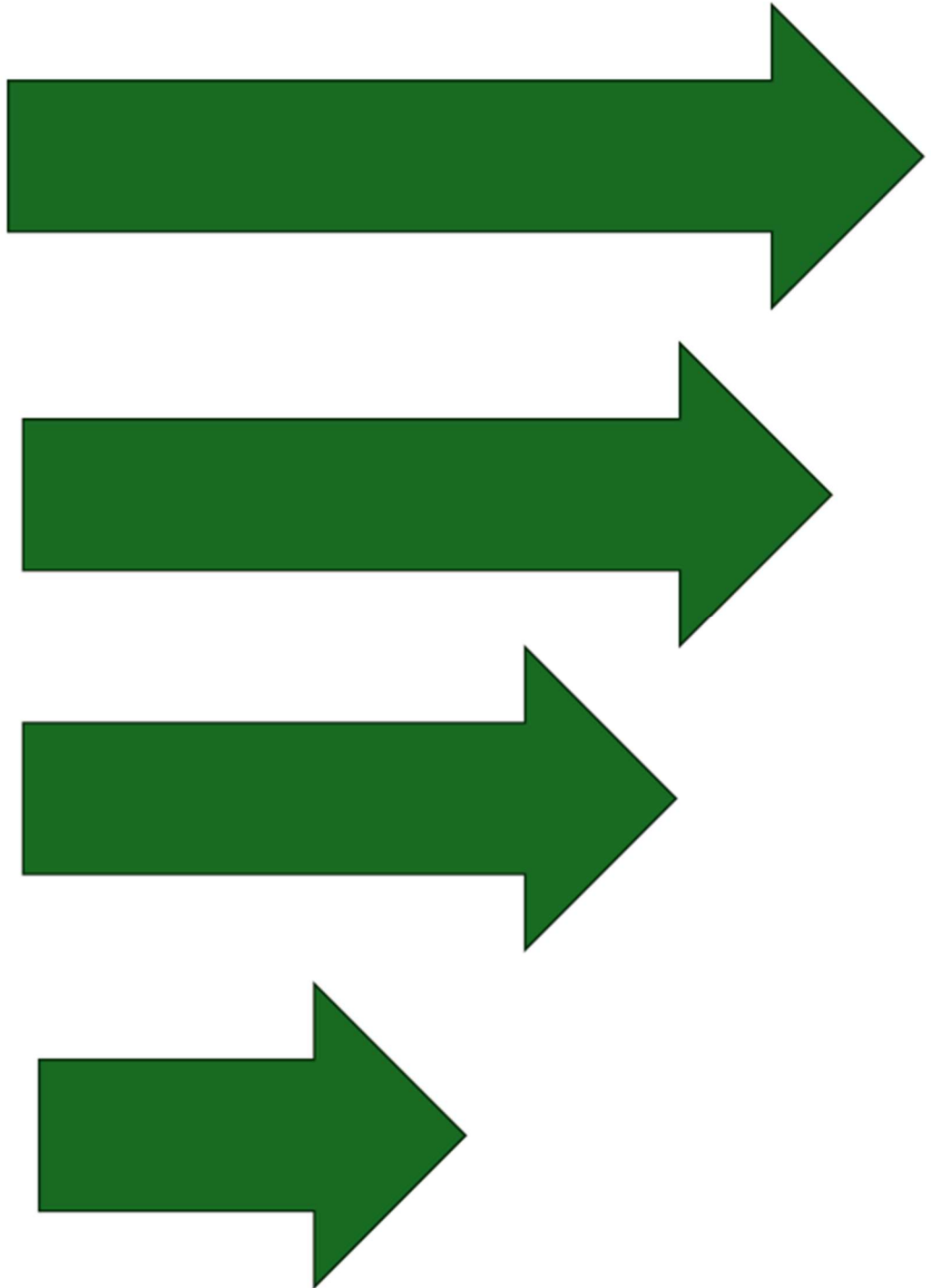
##### Tipps

- Experiment mit unterschiedlichen Tempos wiederholen.

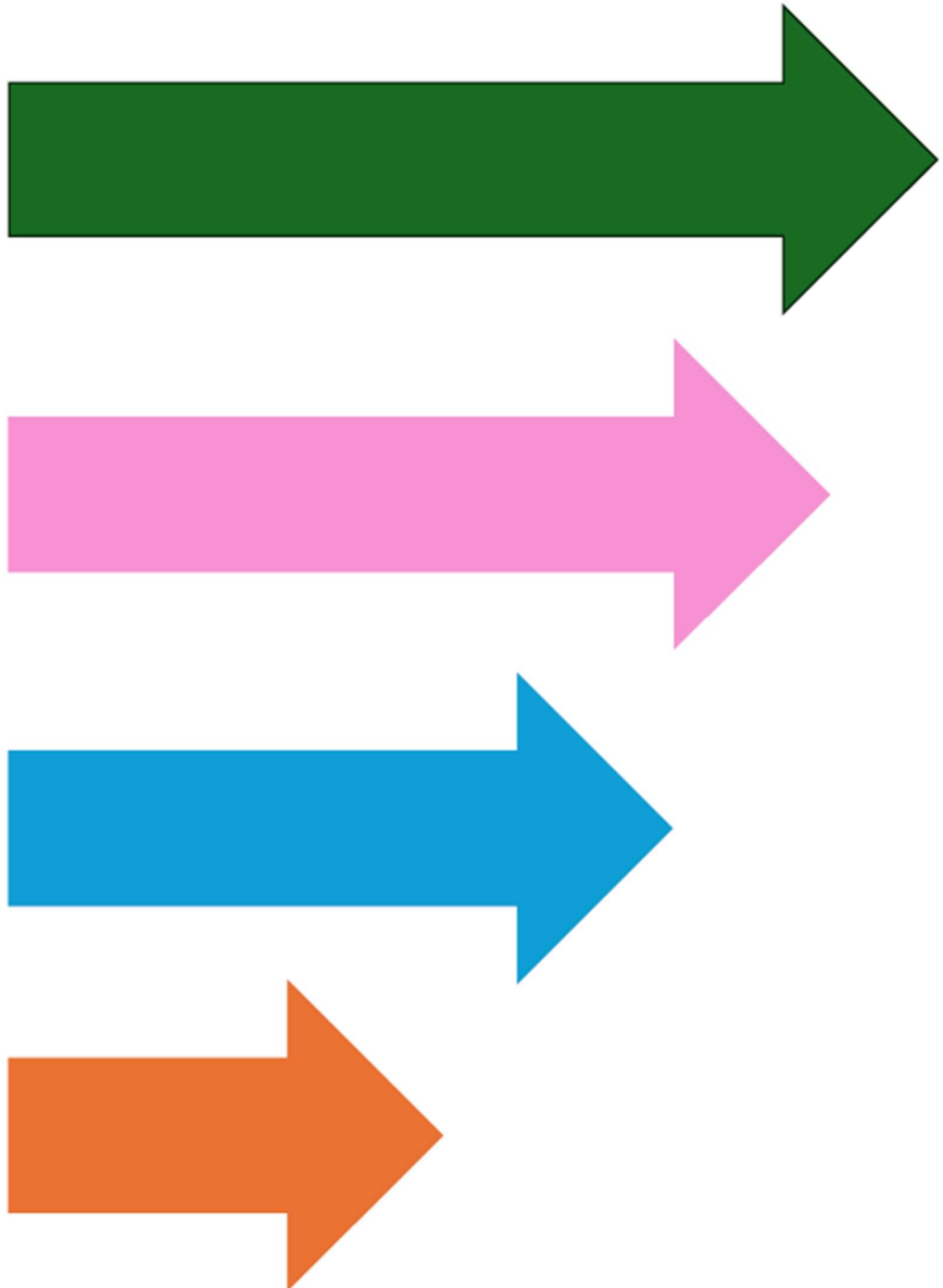
Anhang 2.1.2: Karten zur Geschwindigkeit



### Anhang 2.1.3: Geschwindigkeitspfeile



## Anhang 2.1.4: Neue Version Geschwindigkeitspfeile



## Anhang 2.2: Übung Geschwindigkeitspfeil

### Anhang 2.2.1: AB 2.1

AB 2.1

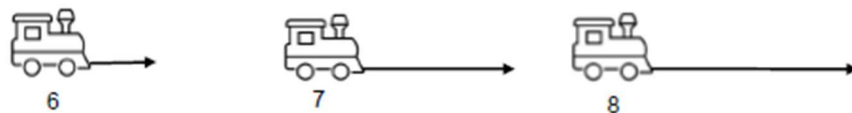
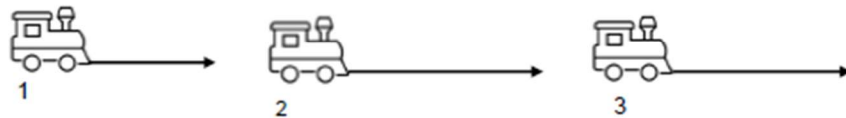
Sachunterricht – Bewegung und Kraft

# Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeit gibt an, mit welchem Tempo und welcher Richtung sich ein Körper bewegt.

Geschwindigkeiten werden mit Geschwindigkeitspfeilen dargestellt. Die Länge des Pfeils gibt an, mit welchem Tempo sich ein Körper bewegt.

1. Ordne die Züge nach ihrer Geschwindigkeit. Beginne mit der niedrigsten Geschwindigkeit. Schreibe:  $1 < 2 < 3$



---

---

## Anhang 2.2.2: Neue Version AB 2.1

N AB 2.1

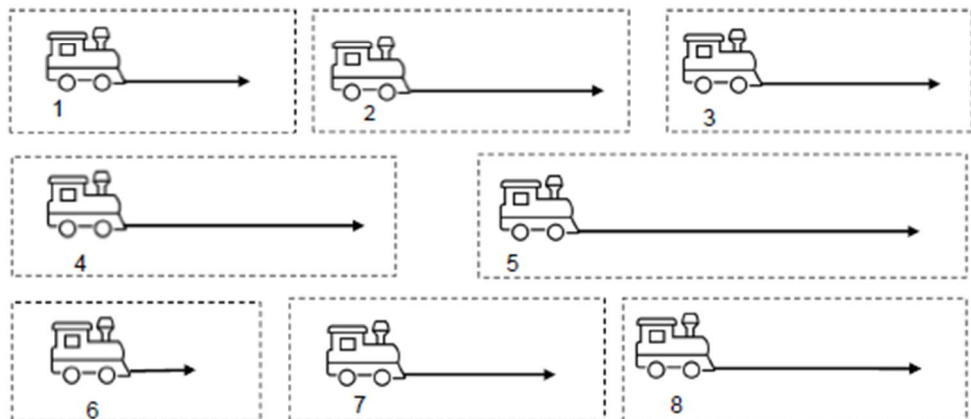
Sachunterricht – Bewegung und Kraft

# Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeit gibt an, mit welchem Tempo und welcher Richtung sich ein Körper bewegt.

Geschwindigkeiten werden mit Geschwindigkeitspfeilen dargestellt. Die Länge des Pfeils gibt an, mit welchem Tempo sich ein Körper bewegt.

1. Ordne die Züge nach ihrer Geschwindigkeit. Beginne mit der niedrigsten Geschwindigkeit. Schneide die Züge aus und Klebe sie in die richtige Reihenfolge. Beginne mit der kleinsten Reihenfolge.



## **Anhang 2.3: Spiel „Rennautos“**

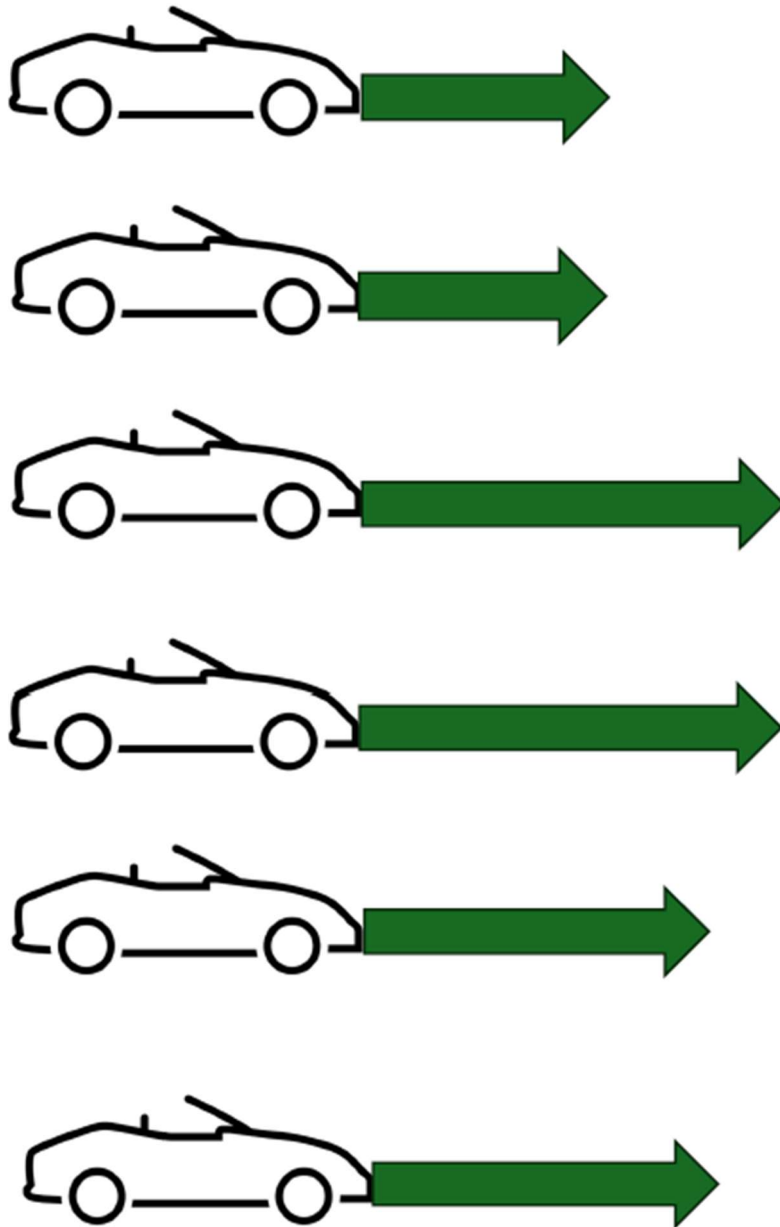
### **Anhang 2.3.1: Spielregeln**

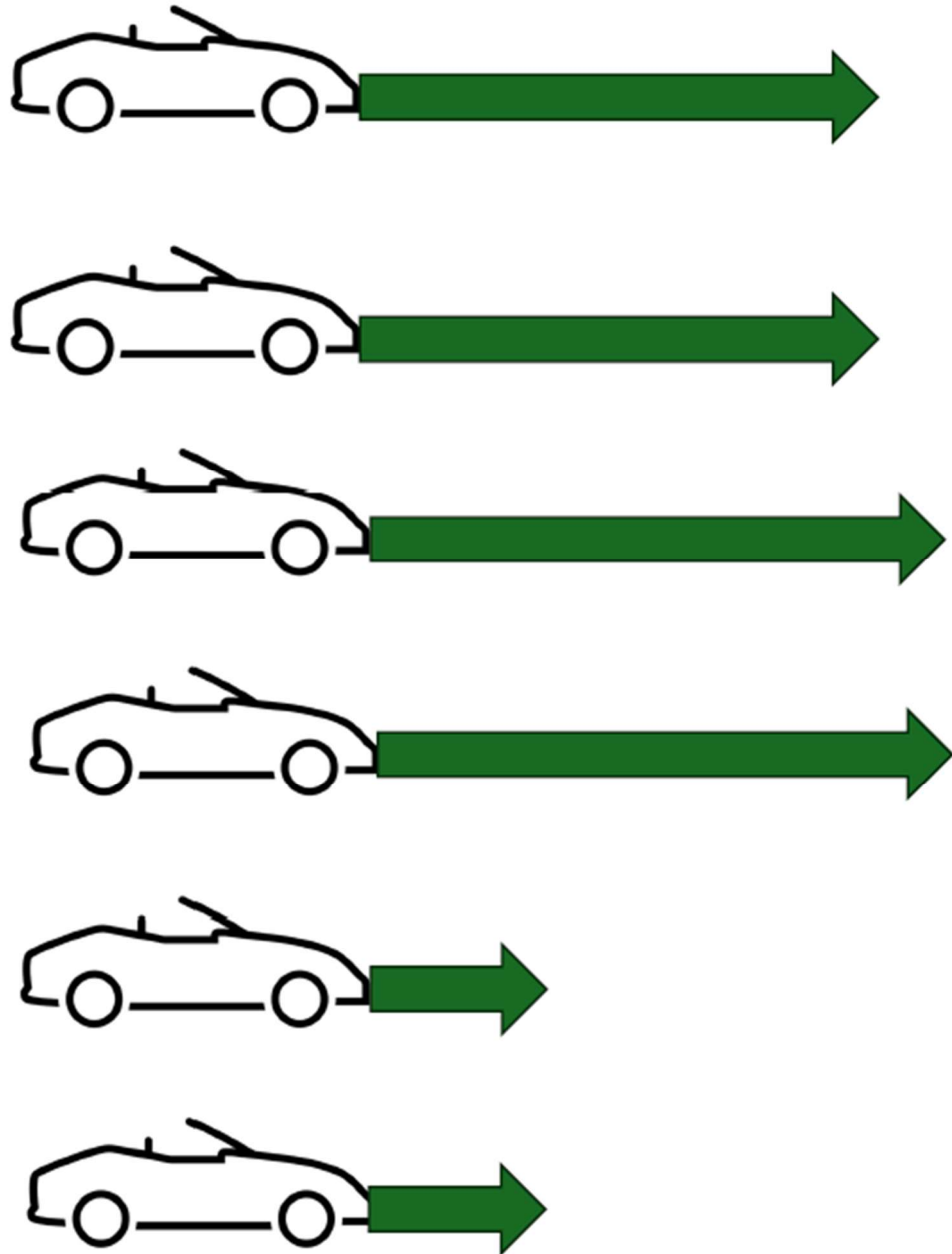
Die Rennautos werden ausgedruckt und ausgeschnitten in die Mitte gelegt. Einer zieht ein Auto und legt es in die Tischmitte. Das Ziel ist, ein Rennauto mit gleicher Geschwindigkeit schneller zu finden. Wichtig ist, dass beide Rennautos in die gleiche Richtung gelegt werden. Wer zuerst ein passendes Pärchen findet, erhält die Karten. Wer mehr Karten hat gewinnt.

## Anhang 2.3.2: AB 2.21 und AB 2.22

AB 2.21

Sachunterricht – Bewegung und Kraft

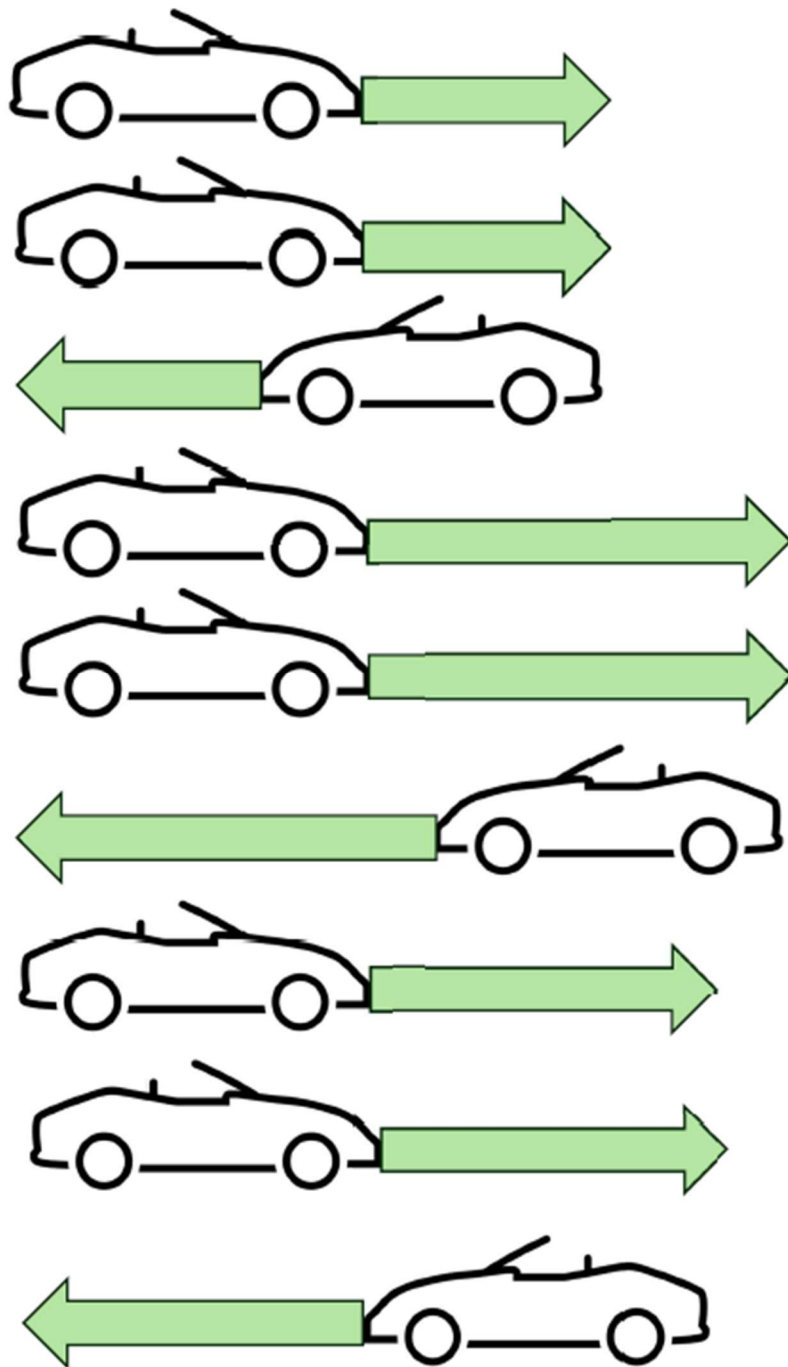


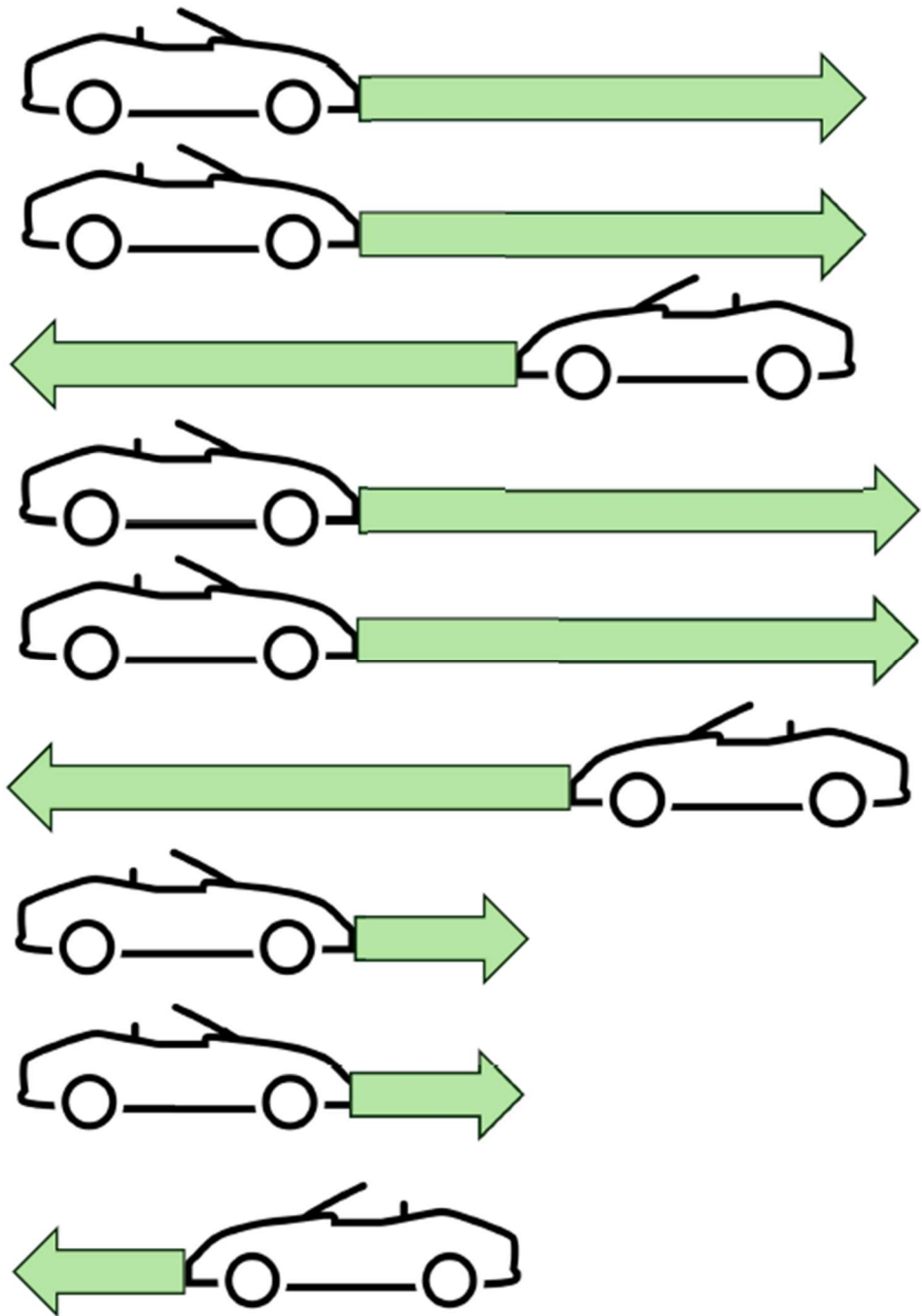


### Anhang 2.3.3: Neue Version AB 2.21 und AB 2.22

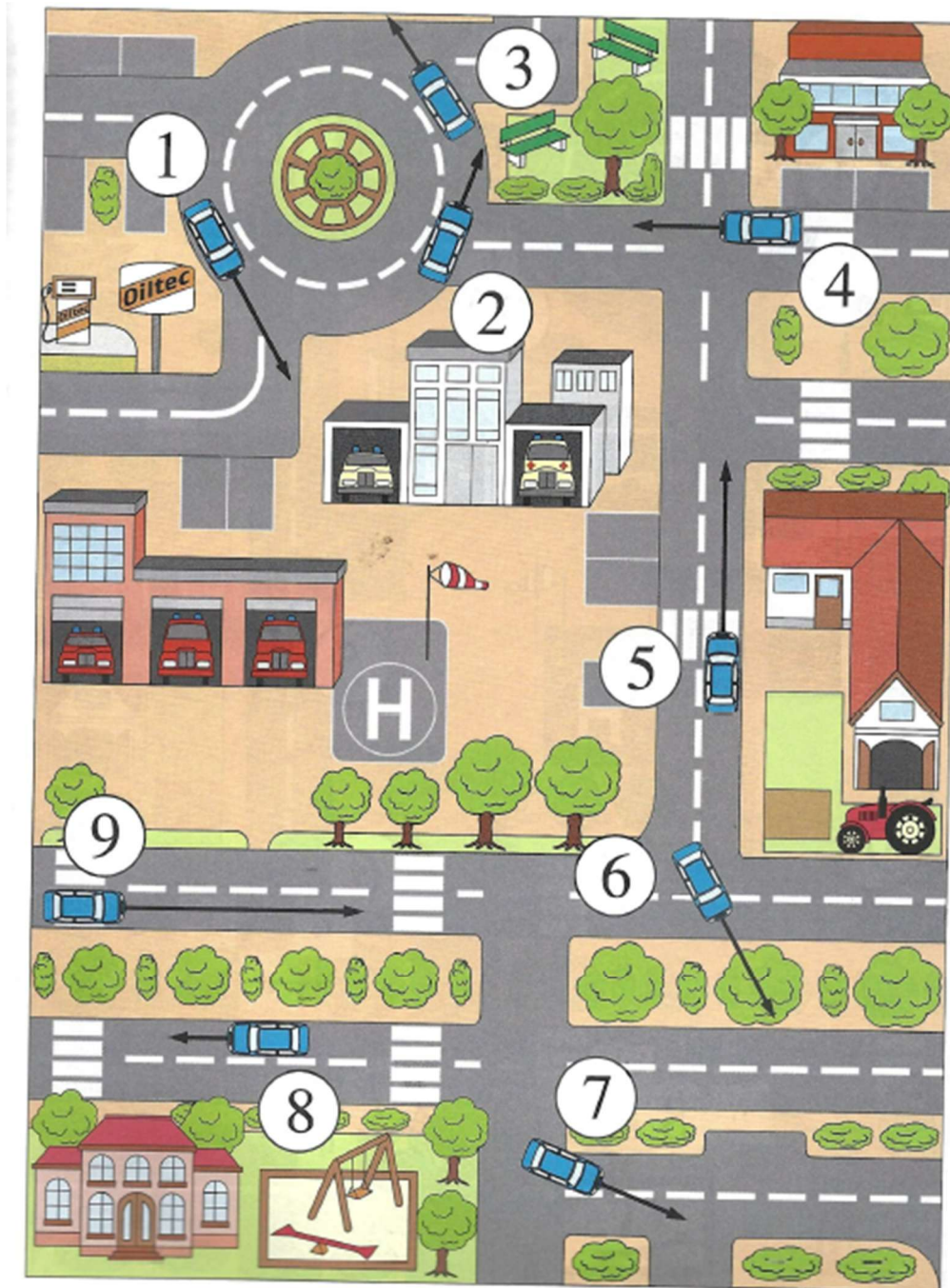
NAB 2.21

Sachunterricht – Bewegung und Kraft





## Anhang 2.4: Arbeitsblatt „Autos und Geschwindigkeit“



Quelle: Wiesner et al., 2016, S. 61

## **Anhang 3: Unterrichtseinheit: „Zusatzgeschwindigkeit“**

### **Anhang 3.1: Experiment „Torschuss“**

#### **Anhang 3.1.1: Aufbau des Experiments**

##### Material

- Kugel
- Holzblock
- Tor
- AB 4.11
- AB 4.12
- AB 4.2
- AB 4.3

##### Vorbereitung

- AB 4.11, 4.12, 4.2, 4.3 drucken

##### Durchführung

1. Im Plenum Versuchsablauf besprechen.
2. Die SuS beschreiben oder skizzieren ihre Vermutungen, wie sich die Kugel bewegt, wenn vor dem Tor senkrecht gegen die Kugel gestoßen wird.
3. Die Vermutungen werden an der Tafel gesammelt.
4. Die SuS kommen in den Kinositz.
5. Die Lehrkraft lässt die Kugel losrollen und eine Schülerin oder ein Schüler stößt senkrecht vor dem Tor gegen die Kugel.
6. Die SuS beschreiben die Bewegung.
7. Vermutungen sammeln, wie gegen die Kugel gestoßen werden muss, damit die Kugel ins Tor rollt.
8. Experiment mit verändertem Stoßzeitpunkt oder Stoßrichtung durchführen.
9. Erkenntnisse sammeln
10. Lehrkraft erläutert die Bewegung mit den Karten Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit.
11. Die Bewegung wird mit Pfeilen visualisiert

##### Tipps

- Bei Schwierigkeiten bei der Beschreibung der Bewegung Experiment wiederholen.

- Bei Schwierigkeiten zu Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit und Zusatzgeschwindigkeit, Bewegung an der Tafel skizzieren.

## Anhang 3.1.2: Arbeitsblätter

### Anhang 3.1.2.1: Experiment „Torschuss“

AB 4.11

Sachunterricht – Bewegung und Kraft

## Experiment „Torschuss“

Was passiert, wenn du gegen die Kugel stößt?

### Vermutung

---



---



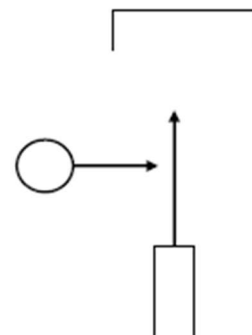
---

### Material

- Kugel
- Holzblock
- Tor

### Durchführung

1. Lasse die Kugel losrollen.
2. Stoße mit einem Holzblock gegen die rollende Kugel. Beobachte, wie sich die Kugel bewegt.
3. Probiere mit der Kugel ein Tor zu schießen.
4. Probiere unterschiedliche Kugeln aus.



**Beobachtung**

Wie bewegt sich die Kugel, wenn du gegen sie stößt?

---

---

---

---

---

**Ergebnis**

Eine Einwirkung bewirkt eine \_\_\_\_\_

## Anhang 3.1.2.2: Neue Version Experiment „Torschuss“

N AB 4.11

Sachunterricht – Bewegung und Kraft

### Experiment „Torschuss“

Was passiert, wenn du gegen die Kugel stößt?

#### Vermutung

Beschreibe oder skizziere deine Vermutung, wie sich die Kugel bewegt.

---

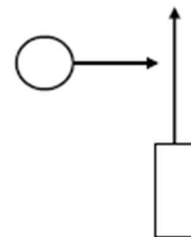
---

#### Material

- Kugel
- Holzblock
- Tor

#### Durchführung

1. Lasse die Kugel losrollen.
2. Stoße mit einem Holzblock gegen die rollende Kugel. Beobachte, wie sich die Kugel bewegt.
3. Probiere mit der Kugel ein Tor zu schießen.
4. Probiere unterschiedliche Kugeln aus.



**Beobachtung**

Wie bewegt sich die Kugel, wenn du gegen sie stößt?

---

---

---

---

---

**Erklärung**

Erkläre die Bewegung der Kugel mit den Begriffen: Anfangsgeschwindigkeit, Zusatzgeschwindigkeit und Endgeschwindigkeit.

---

---

---

---

---

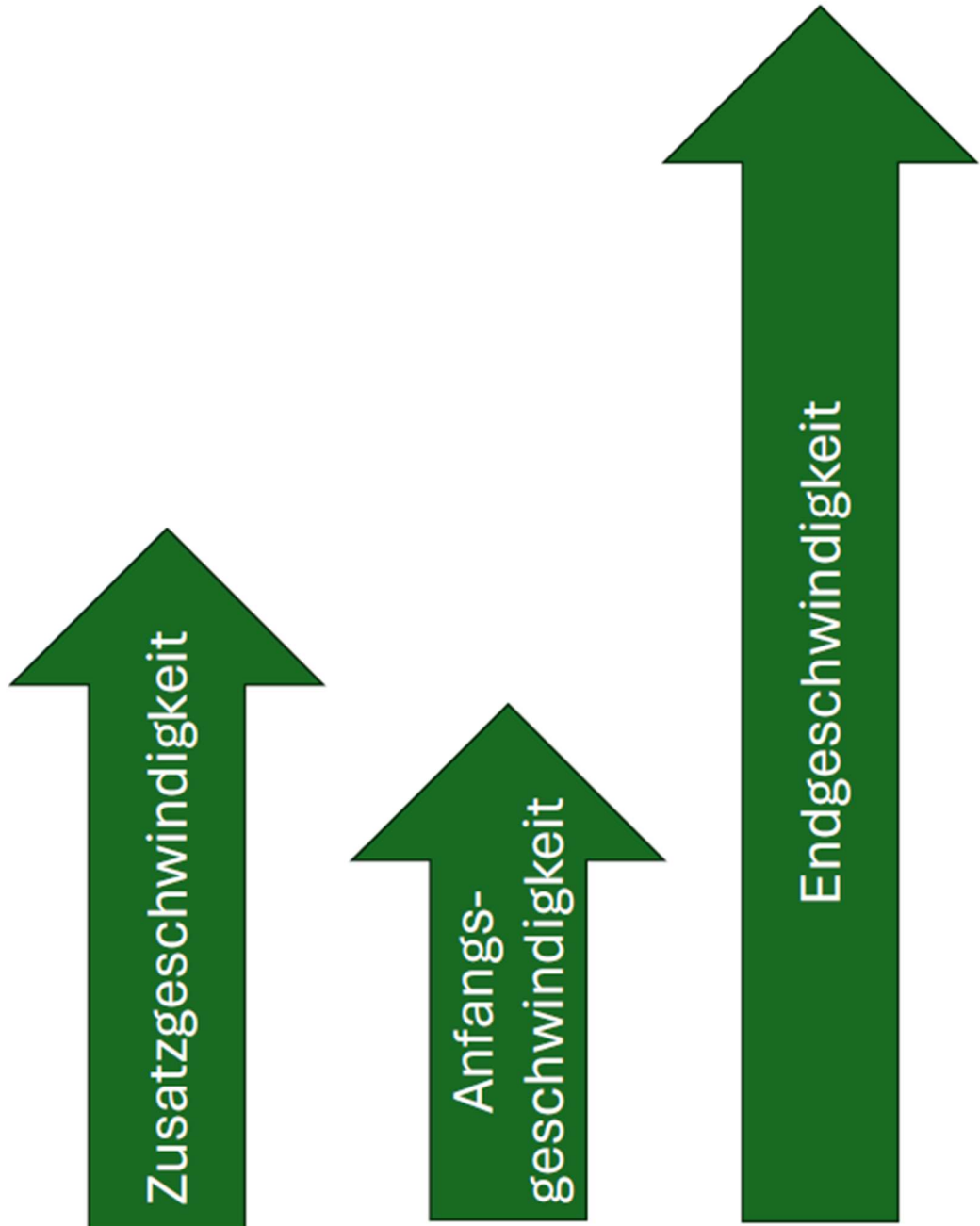
### Anhang 3.1.3: Karten zur Zusatzgeschwindigkeit

Anfangsgeschwindigkeit

Zusatzgeschwindigkeit

Endgeschwindigkeit

### Anhang 3.1.4: Geschwindigkeitspfeile



## **Anhang 3.2: Experiment Air-Ball**

### Material

- Air-Ball

### Vorbereitung

- Technik des Air-Balls überprüfen

### Durchführung

1. Die SuS kommen in den Kinositz.
2. Die Lehrkraft schießt den Air-Ball.
3. Die SuS beobachten die Bewegung.
4. Erkenntnis: Ohne Einwirkung gibt es keine Geschwindigkeitsänderung.
5. Zwei SuS schießen sich den Ball zu.
6. Die SuS beobachten die Bewegung.
7. Die SuS beschreiben, wann sich die Bewegung ändert.
8. Erkenntnis: Eine Einwirkung führt zu einer Geschwindigkeitsänderung.
9. Die Lehrkraft führt den Begriff Kraft ein.

### Tipps

- Experiment auf geradem Boden durchführen

## **Anhang 3.3: Quiz**

Link zum Quiz: <https://view.genially.com/699acb08492160b6bfde516b>

# **Bewegung und Kraft**

GO!

## Bewegung und Kraft

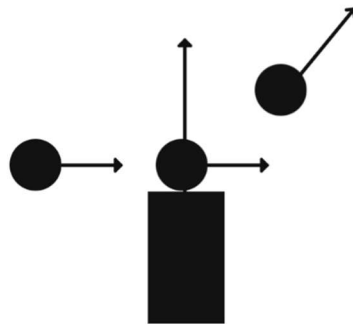


### Merke dir:

Jede Kraft bewirkt eine Einwirkung.

Jede Einwirkung bewirkt eine Änderung der Geschwindigkeit.

### Aufgabe 1



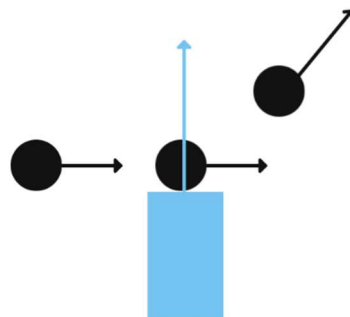
**Eine rollende Kugel wird gestoßen.**

Wirkt eine Kraft?

Es wirkt eine Kraft

Es wirkt keine Kraft

### Aufgabe 1



**Eine rollende Kugel wird gestoßen.**

Wirkt eine Kraft?

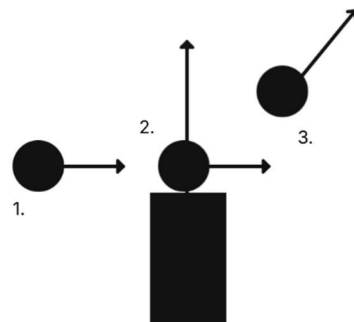
Es wirkt eine Kraft

Es wirkt keine Kraft

Es kommt zu einer Einwirkung auf die Kugel.

→ Jede Einwirkung benötigt eine Kraft.

## Aufgabe 2



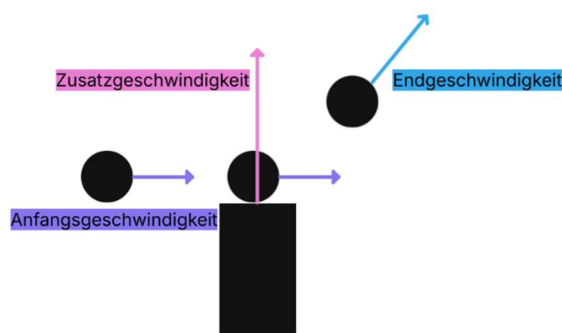
Ordne die Geschwindigkeiten zu.

Anfangsgeschwindigkeit

Zusatzgeschwindigkeit

Endgeschwindigkeit

## Aufgabe 2



Ordne die Geschwindigkeiten zu.

$$\text{Anfangsgeschwindigkeit} + \text{Zusatzgeschwindigkeit} = \text{Endgeschwindigkeit}$$

## Aufgabe 3

Eine Kugel rollt mit einer . Mit einem Holzblock wird gegen die rollende Kugel gestoßen. Dadurch erhält die Kugel eine . Die Kugel rollt mit einer  weiter.

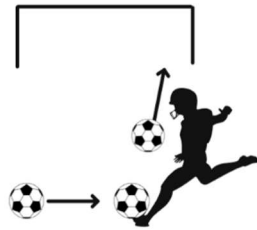
⌘ Zusatzgeschwindigkeit

⌘ Endgeschwindigkeit

⌘ Anfangsgeschwindigkeit

🔄 Senden

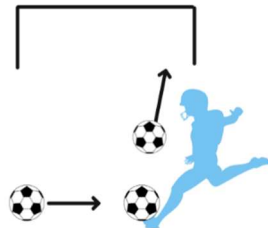
#### Aufgabe 4



**Ein Fußballspieler schießt den rollenden Ball ins Tor.**

Wirkt eine Kraft?

#### Aufgabe 4



**Ein Fußballspieler schießt den rollenden Ball ins Tor.**

Wirkt eine Kraft?

**Der Fußballspieler wirkt auf den Ball mit einer Kraft ein.**

→ Jede Einwirkung benötigt eine Kraft.

#### Aufgabe 5



**Eine Kugel rollt mit gleicher Geschwindigkeit.**

Wirkt eine Kraft?

### Aufgabe 5



**Eine Kugel rollt mit gleicher Geschwindigkeit.**

Wirkt eine Kraft?

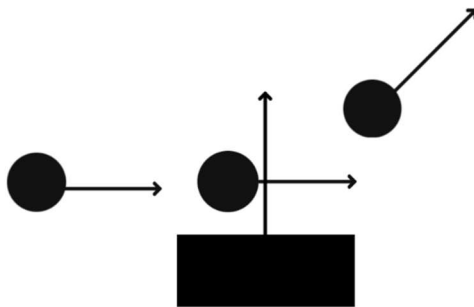
Es wirkt eine Kraft

Es wirkt keine Kraft

Es gibt keine Einwirkung auf die Kugel.

→ Es wirkt keine Kraft.

### Aufgabe 6



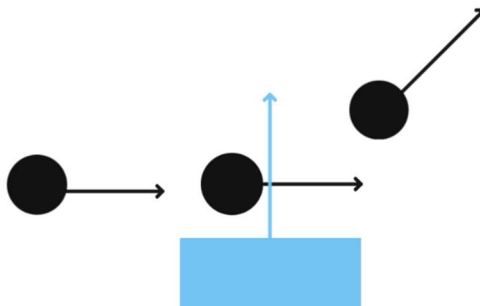
**Tim stößt eine rollende Kugel mit seinem Mäppchen weg.**

Wirkt eine Kraft?

Es wirkt eine Kraft

Es wirkt keine Kraft

### Aufgabe 6



**Tim stößt eine rollende Kugel mit seinem Mäppchen weg.**

Wirkt eine Kraft?

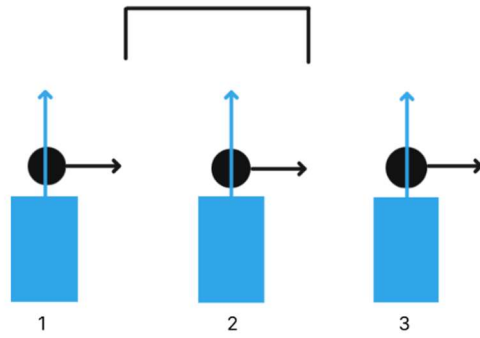
Es wirkt eine Kraft

Es wirkt keine Kraft

Das Mäppchen bewirkt Kraft auf die Kugel.

→ Jede Einwirkung benötigt eine Kraft

## Aufgabe 7



An welcher Position muss gegen die Kugel gestoßen werden, sodass die Kugel ins Tor rollt?

Position 1

Position 2

Position 3

## Anhang 4: Test zur Unterrichtseinheit Anhang 4.1 Test

AB 5.11

Sachunterricht – Bewegung und Kraft

Name:

Datum:

# Bewegung und Kraft

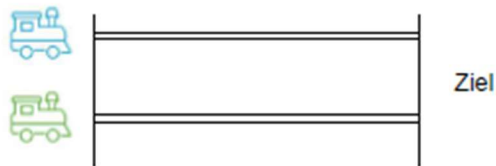
1. Nenne ein Beispiel für eine Bewegung.

---

2. Was bedeutet der Begriff Tempo?

---

3. Wer ist schneller?



Der blaue Zug benötigt für den Weg 16s.

Der grüne Zug benötigt für den Weg 10s.

a) Wer ist schneller?

---

b) Woran kannst du erkennen, wer das höhere Tempo hat?

---

---

## 4. Wer ist schneller?

5 Kinder der Klasse 4a wollen wissen, wer am schnellsten ist. Dazu laufen sie 10 Minuten und notieren ihre Weglängen.

- Markiere in blau, wer das höchste Tempo hat.
- Markiere in grün, wer das niedrigste Tempo hat.
- Markiere gelb, wer das gleiche Tempo hat.

Name	Weglänge
Tim	1700m
Theo	1400m
Matilda	1400m
Julian	1200m
Lena	1600m

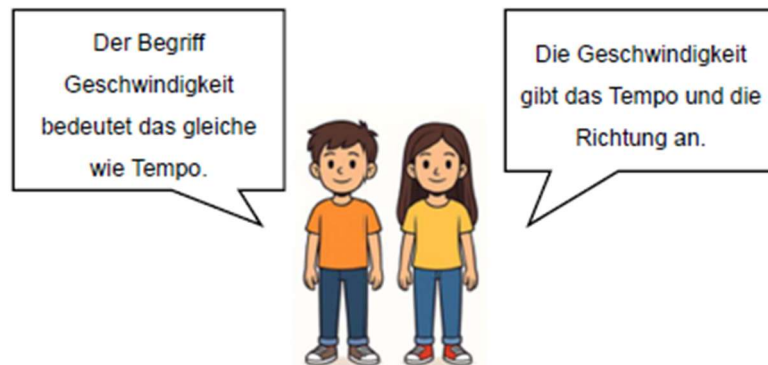
- d) Woran kann man erkennen, wer das höchste Tempo hat?

---

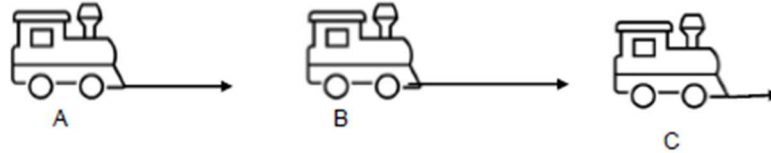
---

## 5. Geschwindigkeit

Wer hat recht? Verbessere falsche Aussagen



## 6. Geschwindigkeitspfeil



a) Wer hat die höhere Geschwindigkeit?

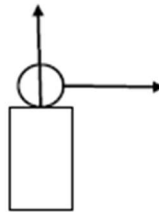
---

b) Welche Züge haben die gleiche Geschwindigkeit?

---

## 7. Zusatzgeschwindigkeit

a) Ein Holzblock wird gegen eine rollende Kugel gestoßen. Zeichne ein, wie sich die Kugel weiter bewegt.



b) Fülle die Lücken aus.

Eine \_\_\_\_\_ bewirkt eine Einwirkung.

Durch die Einwirkung erhält die Kugel eine \_\_\_\_\_

## Anhang 4.2: Neue Version Test AB 5.13

N AB 5.13

Sachunterricht – Bewegung und Kraft

### 6. Geschwindigkeitspfeil



a) Welcher Zug hat die höhere Geschwindigkeit?

\_\_\_\_\_

b) Welche Züge haben gleiches Tempo?

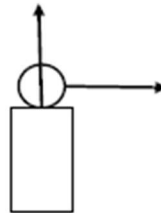
\_\_\_\_\_

c) Gibt es Züge mit der gleichen Geschwindigkeit?

\_\_\_\_\_

### 7. Zusatzgeschwindigkeit

a) Ein Holzblock wird gegen eine rollende Kugel gestoßen. Zeichne ein, wie sich die Kugel weiter bewegt.



b) Beschreibe die Bewegung der Kugel, wenn gegen die Kugel wie in Aufgabe 7a gestoßen wird. Verwende die Begriffe: Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit, Zusatzgeschwindigkeit.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

c) Wirkt eine Kraft? Begründe.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_