



Rheinland-Pfalz

PÄDAGOGISCHES  
LANDESINSTITUT

# DYNAMISCHE PHÄNOMENE – BEWEGUNGSÄNDERUNGEN IM BASISKONZEPT WECHSELWIRKUNG

Handreichung zur Umsetzung des Lehrplans Physik – Themenfeld 4



In den PL-Informationen werden Ergebnisse veröffentlicht, die von Lehrerinnen und Lehrern aller Schularten unter Einbeziehung weiterer Experten erarbeitet und auf der Grundlage der aktuellen pädagogischen oder fachdidaktischen Diskussion für den Unterricht oder die Schulentwicklung aufbereitet wurden.

Mit ihnen werden Anregungen gegeben, wie Schulen bildungspolitische Vorgaben und aktuelle Entwicklungen umsetzen können.

Die PL-Informationen erscheinen unregelmäßig. Unser Materialangebot finden Sie im Internet auf dem Landesbildungsserver unter folgender Adresse:

<http://bildung-rp.de/pl/publikationen.html>

Die vorliegende Veröffentlichung wird gegen eine Schutzgebühr von 6,00 Euro zzgl. Versandkosten abgegeben. Bestellungen richten Sie bitte an das Pädagogische Landesinstitut: [bestellung@pl.rlp.de](mailto:bestellung@pl.rlp.de)

---

# IMPRESSUM

## **Herausgeber:**

Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz  
Standort Bad Kreuznach  
Röntgenstraße 32  
55543 Bad Kreuznach  
[pl@pl.rlp.de](mailto:pl@pl.rlp.de)

## **Redaktion und Skriptbearbeitung:**

Andrea Bürgin, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

## **Titelbild:**

Andrea Bürgin, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Erscheinungstermin: Juni 2015

© Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz 2015

ISSN 2190-9148

Soweit die vorliegende Handreichung Nachdrucke enthält, wurden dafür nach bestem Wissen und Gewissen Lizenzen eingeholt. Sollten dennoch in einigen Fällen Urheberrechte nicht berücksichtigt worden sein, wenden Sie sich bitte an das Pädagogische Landesinstitut Rheinland-Pfalz.

# INHALT

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Themenfeld 4: Dynamische Phänomene –<br/>Bewegungsänderungen im Basiskonzept Wechselwirkung</b> | <b>3</b>  |
| 1.1      | Überblick über das vierte Themenfeld   | 3         |
| 1.2      | Die Themenfeld-Doppelseite   | 4         |
| 1.3      | Vom Themenfeld zur Unterrichtsplanung  | 6         |
| 1.3.1    | Intention  | 6         |
| 1.3.2    | Kompetenzen  | 7         |
| 1.3.3    | Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe                                       | 7         |
| 1.3.4    | Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung  | 8         |
| 1.3.5    | Differenzierungsmöglichkeiten  | 8         |
| 1.3.6    | Bezüge   | 9         |
| 1.4      | Entwicklung von Basiskonzepten im vierten Themenfeld   | 10        |
| 1.5      | Entwicklung von Kompetenzen im vierten Themenfeld  | 12        |
| 1.6      | Didaktische Anmerkungen  | 13        |
| <b>2</b> | <b>Unterrichtsbeispiele</b>  | <b>22</b> |
| 2.1      | Vorüberlegungen  | 22        |
| 2.2      | Unterrichtsgang „Sport und Bewegung“ – Variante UG1  | 24        |
| 2.3      | Unterrichtsgang „Sport und Bewegung“ – Variante UG2  | 41        |
| 2.4      | Unterrichtsgang „Sport und Bewegung“ – Variante UG3  | 45        |

---

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>3</b> | <b>Anhang</b>                            | <b>54</b> |
| 3.1      | Bauanleitung für einen Luftkissengleiter | 54        |
| <b>4</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>              | <b>56</b> |
| <b>5</b> | <b>Autorinnen und Autoren</b>            |           |

# 1 THEMENFELD 4: DYNAMISCHE PHÄNOMENE – BEWEGUNGSÄNDERUNGEN IM BASISKONZEPT WECHSELWIRKUNG

## 1.1 Überblick über das vierte Themenfeld

Der neue Lehrplan im Fach Physik für die Klassen 7 bis 9/10 der weiterführenden Schulen des Landes Rheinland-Pfalz trat zum Schuljahr 2014/15 in Kraft und schließt konzeptionell an den Lehrplan des Faches Naturwissenschaften in der Orientierungsstufe an.

Die drei Säulen des NaWi-Unterrichtes Kompetenzen, Basiskonzepte und Kontexte bilden auch die Stützpfeiler des Physik-Lehrplans und erfordern eine darauf aufbauende unterrichtliche Umsetzung.

Die Mechanik war als traditionelles Sachgebiet der Physik schon bisher in allen Schularten verpflichtendes Unterrichtsthema der Mittelstufe und ist im neuen Lehrplan in mindestens zwei Themenfeldern verankert (Themenfelder 4 und 10). Das Themenfeld 4 legt den Schwerpunkt auf die Betrachtung dynamischer Phänomene unter dem Aspekt der Wechselwirkung und ermöglicht die Einführung des physikalischen Kraftbegriffs. Im Unterricht zu Themenfeld 10 werden dann energetische Aspekte stärker in den Vordergrund gerückt.

Die vorliegende Handreichung stellt die Themenfeld-Doppelseite des Lehrplans vor und zeigt beispielhaft, wie dieses Themenfeld entsprechend den Lehrplananforderungen konkret im Unterricht umgesetzt werden kann.

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen werden die in der Handreichung vorgestellten Materialien (z. B. Arbeitsblätter) nicht 1:1 abgedruckt. Einen ersten Eindruck bieten die Vorlagen in stark verkleinerter Form. Alle vorgestellten Materialien stehen in editierbarer Form zum kostenlosen Download auf dem Bildungsserver Rheinland-Pfalz bereit unter <http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/physik/unterricht.html>.

## 1.2 Die Themenfeld Doppelseite

**TF 4: Dynamische Phänomene**  
**Bewegungsänderungen im Basiskonzept Wechselwirkung**

Bewegung ist ein Grundbedürfnis und wird alltäglich erlebt: im Verkehr auf dem Schulweg sowie in Sport und Freizeit. Im NaWi-Unterricht wurde die physikalische Größe Geschwindigkeit experimentell ermittelt. Konzeptionell wurde das Basiskonzept Energie angelegt.

Im Physikunterricht werden in diesem Themenfeld Bewegungen hauptsächlich unter dem Aspekt der Wechselwirkung betrachtet. Die Änderung der Geschwindigkeit eines Körpers (Betrag und/oder Richtung) bedarf einer Wechselwirkung mit einem Partner. Sie kann sowohl durch Berührung (Stoß, Reibung) als auch berührungslos (Magnetfeld, Gravitationsfeld) hervorgerufen werden. Die Kraft wird als Größe zur Beschreibung der Wechselwirkung kennengelernt. Die Abgrenzung der Begriffe Kraft und Energie geschieht durch bewussten Wechsel der Betrachtungsebene: Bewegungsänderungen werden je nach Problemstellung sowohl mittels Wechselwirkungs- als auch mittels Energiekonzept zielführend beschrieben.

**Kompetenzen:**

Die Schülerinnen und Schüler

- planen einfache Experimente zur Untersuchung von Bewegungsänderungen, führen sie durch und dokumentieren deren Ergebnisse,
- dokumentieren Bewegungen durch geeignete Darstellungen (z. B. Diagramme, Vektoren),
- wenden verschiedene Messverfahren (statisch, dynamisch) zur Bestimmung von Kräften an,
- nutzen Kraftpfeilpaare zur Beschreibung von Wechselwirkungen.

**Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte:**

- Die Geschwindigkeit eines Körpers ist charakterisiert durch Richtung und Betrag. (WW)
- Die Wechselwirkung von Körpern miteinander bewirkt eine Änderung der Bewegungszustände oder eine Verformung der Körper. (WW)
- Die Masse eines Körpers bestimmt dessen Trägheit in Bezug auf Bewegungsänderungen. (WW)
- Die Kraft ist ein Maß für Stärke und Richtung einer Wechselwirkung. An jedem Wechselwirkungspartner misst man die gleiche Kraft, aber in entgegengesetzter Richtung. (WW)
- Körper im Kräftegleichgewicht ändern ihren Bewegungszustand nicht. (SY)
- Die berührungslose Wechselwirkung von Körpern wird durch Felder (z. B. magnetische Wechselwirkung, Gravitation) vermittelt. (WW)
- Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden, d. h., die Gesamtenergie bleibt konstant, Änderungen der Energie sind ein Hinweis auf eine Wechselwirkung (z. B. bei Reibung). (E)

**Fachbegriffe:**

Geschwindigkeit, Richtung, Wechselwirkung

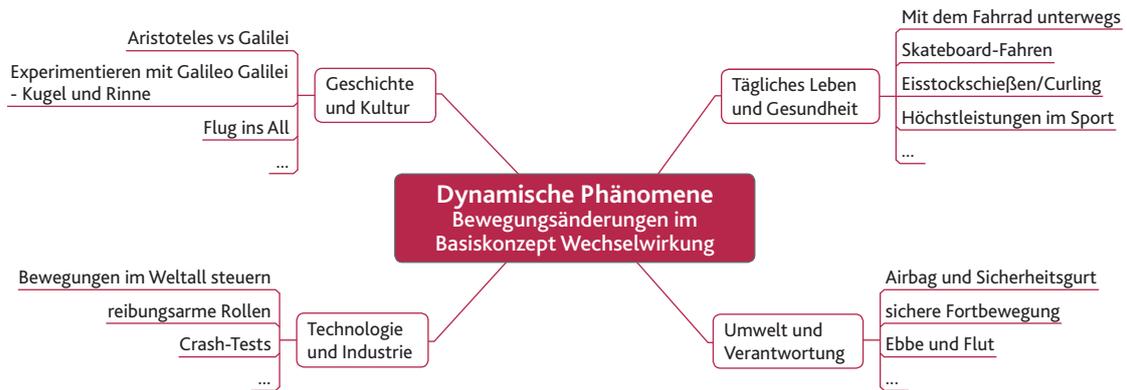
Masse, Trägheit

Kraft

Kräftegleichgewicht

Reibung (unter energetischem und WW-Aspekt), Energie

**Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung:**



**Differenzierungsmöglichkeiten:**

Die Erarbeitung kann an einfachen realen Beispielen erfolgen (z. B. Fahrrad, Einkaufswagen beschleunigen/abbremsen, rollende Stahlkugel auf Tisch durch Magneten ablenken, rudern). Wenn „nichts passiert“, bleibt der Bewegungszustand erhalten (Trägheit), für jede Änderung ist eine Wechselwirkung notwendig. Die physikalische Größe Kraft ist ein Maß für die Stärke dieser Wechselwirkung. Am Zusammenhang  $m \cdot \Delta v = F \cdot \Delta t$  können Zusammenhänge zwischen den Größen verdeutlicht werden.

Ergänzungen durch Bewegungen mit Richtungsänderungen und schwerer erkennbare Wechselwirkungen (z. B. Erde als Partner) können das Grundverständnis vertiefen, die Kraft kann dynamisch z. B. über den oben genannten Zusammenhang bestimmt werden. Falls der Impuls als physikalische Größe eingeführt wird, ergibt sich das Wechselwirkungskonzept als unmittelbare Folgerung aus dem Impulserhaltungssatz. Das führt zu einer größeren Tragfähigkeit des Wechselwirkungskonzeptes auch im Hinblick auf die Oberstufe. Die physikalische Größe Impuls kann elementar über die Abhängigkeit des „Schwunges“ von der Masse eines Körpers und seinem Geschwindigkeitsbetrag plausibel gemacht werden. Weiterhin können Kraftstöße bilanziert und vergleichende quantitative Betrachtungen zu Impuls und Kraft an- gestellt werden. Energie (als skalare) und Impuls (als vektorielle Größe) können gegenüber gestellt werden.

**Bezüge:**

|  |   |
|--|---|
| <p><b>NaWi</b><br/>TF 3 Geschwindigkeit</p>  | <p><b>Biologie</b><br/>TF 8 Energie, Muskelarbeit</p> |
| <p><b>Chemie</b><br/>TF 5 intermolekulare Wechselwirkung<br/>TF 7 intermolekulare Wechselwirkung</p> | <p><b>Physik</b><br/>TF 10 Wirkungsgrad</p>           |

Abb. 1: Auszug aus „Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer – Physik“, S. 106/107

### 1.3 Vom Themenfeld zur Unterrichtsplanung

Die einzelnen Rubriken der Themenfeld-Doppelseite geben den Rahmen für die Unterrichtsplanung vor. Die Inhalte der Rubriken der linken Seite sind verbindlich umzusetzen, in denen der rechten werden Anregungen für die Unterrichtsgestaltung gegeben.

|   |              |   |
|---|--------------|---|
| <b>Themenfeld-Titel</b>                   |              | Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung |
| Intention                                 |              |   |
| Kompetenzen                               |              | Differenzierungsmöglichkeiten                           |
| Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte | Fachbegriffe | Bezüge  |

Der zweigeteilte **Themenfeld-Titel** „Dynamische Phänomene – Bewegungsänderungen im Basiskonzept Wechselwirkung“ liefert eine fachsystematische Einordnung des Themenfeldes (Dynamik) und gibt Aufschluss darüber, welches Basiskonzept schwerpunktmäßig entwickelt werden soll (Wechselwirkung). Das Konzept Wechselwirkung wurde bereits in den ersten beiden Themenfeldern angelegt und wird nun in Themenfeld 4 erweitert.

#### 1.3.1 Intention

Die **Intention**, die im Unterricht **verbindlich** umzusetzen ist, gibt Aufschluss über die Bildungsabsicht.

Die Schülerinnen und Schüler verfügen aus dem Alltag über vielfältige Erfahrungen im Zusammenhang mit Bewegungen. Diese sollten, wo immer möglich, im Unterricht aufgegriffen werden. Erste Erfahrungen mit der physikalischen Größe Geschwindigkeit machten sie bereits im NaWi-Unterricht der Orientierungsstufe, wo Bewegungen auch unter energetischem Aspekt betrachtet wurden. Im Physik-Themenfeld 1 wurde dies bei der Beschäftigung mit der Schallgeschwindigkeit reaktiviert und erweitert.

Im Unterricht zu Themenfeld 4 des Mittelstufenplans wird das Augenmerk nun auf **Bewegungsänderungen** und die diesen Änderungen zu Grunde liegenden Wechselwirkungen gelegt. Dabei ist herauszustellen, dass **jede** Änderung der Bewegung eines Körpers auf der Wechselwirkung mit mindestens einem anderen Körper beruht. In manchen Fällen ist dieser Wechselwirkungspartner direkt erkennbar, in anderen Fällen fällt es nicht leicht, ihn zu identifizieren. So ist bei der Kollision zweier Kugeln oder auch beim Tennis-Aufschlag die Benennung der wechselwirkenden Körper einfach. Bei der Betrachtung eines beschleunigenden Autos oder beim Weitsprung ist den Schülern häufig nicht bewusst, dass hier eine Wechselwirkung zwischen Erde und Auto bzw. Erde und Mensch vorliegt.

In vielen Fällen findet eine Wechselwirkung zwischen Körpern statt, ohne dass diese sich berühren. So können sich Magnete gegenseitig über eine Distanz hinweg anziehen oder abstoßen, ein geriebener Luftballon lässt die Haare zu Berge stehen oder der Apfel fällt auf die Erde, ohne dass zwischen diesen Objekten eine materielle Verbindung erkennbar ist. Bei der genaueren Betrachtung solcher Wechselwirkungen lernen die Schüler das magnetische, elektrische oder das gravitative Feld kennen.

Um diese Wechselwirkungen genauer beschreiben zu können, wird die physikalische Größe „Kraft“ eingeführt. Da dieser Begriff alltagssprachlich mit z. T. sehr abweichenden Bedeutungen genutzt wird und dabei vielfach Aspekte eine Rolle spielen, die physikalisch korrekt mit der Größe „Energie“ beschrieben werden müssten, bedarf es einer sorgfältigen Abgrenzung der Begriffe voneinander sowie eines aufmerksamen sprachlichem Umgangs seitens der Lehrkraft.

### 1.3.2 Kompetenzen

Die hier aufgeführten konkreten Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler sind im Rahmen des Themenfeldes verbindlich zu ermöglichen und tragen zur Kompetenzentwicklung bei. Schwerpunkte in Themenfeld 4 liegen in den Kompetenzbereichen „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Umgang mit Fachwissen“.

Die Schülerinnen und Schüler können in Themenfeld 4 ihre Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung weiterentwickeln, indem sie Experimente zur Untersuchung von Bewegungsänderungen planen, durchführen und dokumentieren. Die Kompetenzentwicklung im Bereich Kommunikation wird vorangebracht, wenn sie geeignete Darstellungsformen für die Dokumentation von Bewegungen (z. B. t-v-Diagramme oder Geschwindigkeitspfeile) und für Wechselwirkungen (Kraftpfeilpaare) kennenlernen und nutzen. Das Messen von Kräften fördert den Kompetenzaspekt „Umgang mit Geräten, Stoffen, Verfahren“.

### 1.3.3 Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe

Die vermittelten Fachinhalte sollen über die Jahre hinweg Schülerinnen und Schülern helfen, eigene physikalische Konzepte aufzubauen, deshalb wird das Fachwissen immer an Basiskonzepte angebunden.

Die beiden Rubriken „Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte“ und „Fachbegriffe“ geben verbindliche Hinweise darauf, mit welcher Schwerpunktsetzung die Fachinhalte aufbereitet werden sollen, um das angestrebte Konzeptverständnis zu erreichen, und welche Fachbegriffe von den Schülerinnen und Schülern im Unterricht verbindlich benutzt werden sollen.

Themenfeld 4 zielt schwerpunktmäßig auf die Entwicklung des Basiskonzeptes Wechselwirkung. Eine Überfrachtung des Unterrichts mit Begriffen, die der reinen Beschreibung von Phänomenen dienen und weder zur pädagogischen Absicht noch zum Aufbau von Konzepten gebraucht werden, ist dringend zu vermeiden. So sollten in diesem Themenfeld weder sämtliche Begriffe aus der Kinematik eingeführt noch eine Begriffsakrobatik hinsichtlich der möglichen Benennungen von Kräften betrieben werden. Vielmehr sollte der Unterricht darauf ausgerichtet sein, den Schülerinnen und Schülern die hier aufgeführten Sachverhalte möglichst durch eigene Erfahrungen nahe zu bringen.

### 1.3.4 Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung

Diese Rubrik zeigt bildungsrelevante Kontexte und konkrete Fragestellungen aus vier lebensweltlichen Bereichen, die zentralen Bedürfnisfeldern der Menschen entsprechen. Es sind Vorschläge, wie das erste Mechanik-Themenfeld kontextuell angebunden werden kann. Weder die Abdeckung der vier Äste der Mindmap noch die Umsetzung dort aufgeführter Kontexte sind verbindlich. Sie sollen lediglich die Vielfalt der Möglichkeiten aufzeigen und entsprechende Anregungen geben. Bei der Wahl geeigneter Kontexte für die eigene Unterrichtsplanung sollten neben individuellen Interessen der Lernenden auch schulische Besonderheiten beachtet werden:

- fächerverbindende oder integrierte Lernangebote (z. B. Biologie),
- Möglichkeit für Projekte, z. B. im Ganztagsunterricht,
- Zusammenarbeit mit nicht-naturwissenschaftlichen Fächern oder dem Wahlpflichtfach,
- schulische Ausstattung,
- aktuelle Themen/Anlässe,
- Angebote außerschulischer Kooperationspartner.

### 1.3.5 Differenzierungsmöglichkeiten

Die in der Rubrik „Differenzierungsmöglichkeiten“ gegebenen Hinweise beziehen sich sowohl auf verschieden leistungsstarke Lerngruppen z. B. unterschiedlicher Schulformen als auch auf das leistungsdifferenzierte Arbeiten innerhalb einer Lerngruppe und bieten Vorschläge, wie der Plan durch Differenzierung nach oben oder unten auf die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler zugeschnitten werden kann.

Der erste Abschnitt beschreibt das angestrebte Grundverständnis. Es werden einfache Beispiele geschildert, an denen diese grundlegenden Erkenntnisse gewonnen werden können. Dazu gehören: Jede Bewegungsänderung eines Körpers ist Resultat einer Wechselwirkung. Kraft als physikalische Größe ist ein Maß für die „Stärke“ dieser Wechselwirkung. Je größer die Kraft ist oder je länger sie wirkt, desto mehr ändert sich die Bewegung.

Der zweite Absatz zeigt zum einen Möglichkeiten zur Vertiefung auf und lenkt zum anderen den Blick auf didaktische Alternativen.

Vertiefend kann durch die Betrachtung von Bewegungen in mehreren Dimensionen der vektorielle Charakter stärker betont werden. Die dynamische Bestimmung der Kraft über die Messung von Einwirkungsdauer und Geschwindigkeitsänderung stellt höhere Anforderungen sowohl an die experimentelle Kompetenz als auch an das Abstraktionsvermögen.

Als didaktische Alternative wird die Möglichkeit aufgezeigt, gleich zu Beginn den Impuls als physikalische Größe in Anlehnung an den alltagssprachlichen Begriff „Wucht“ einzuführen. Aus dem Impulserhaltungssatz (der als Äquivalent zu den Newtonschen Axiomen ohnehin nicht bewiesen, aber z. B. mit einfachen Fahrbahnexperimenten illustriert werden kann) folgt unmittelbar das Wechselwirkungsprinzip: Wenn sich der Impuls eines Körpers ändert, dann muss es (mindestens) einen anderen Körper geben, dessen Impuls sich entgegengesetzt ändert, damit der Gesamtimpuls erhalten bleibt. Die Einführung der Kraft als Maß für die Impulsänderung pro Zeitintervall folgt dann genau der ursprünglichen Formulierung Newtons.

Ein wichtiger Aspekt ist die Abgrenzung des Energiebegriffs von den Begriffen Kraft und Impuls. Dazu ist es nicht notwendig, den Energiebegriff auf klassischem Weg über die mechanische Arbeit herzuleiten, sondern es kann propädeutisch an das Vorverständnis der Schülerinnen und Schüler zur Energie (z. B. NaWi: TF3, TF4, TF6) angeknüpft werden.

Zusätzliche Möglichkeiten zur Differenzierung bieten eine geschickte Kontextwahl zur Erschließung des Themenfeldes sowie der gezielte Einsatz von Hilfen und methodischen Maßnahmen, um die Kompetenzen den Lernenden angepasst zu entwickeln. Besonders bei vertiefenden Betrachtungen ist jedoch darauf zu achten, dass eine Überfrachtung des Unterrichts und eine Überforderung der Lernenden vermieden werden.

### 1.3.6 Bezüge

Um Synergien nutzen zu können, empfiehlt es sich, zumindest die Arbeitspläne und Unterrichtsverteilungen der naturwissenschaftlichen Fächer NaWi, Biologie, Chemie und Physik aufeinander abzustimmen. Welche Voraussetzungen genau in NaWi geschaffen wurden bzw. wie die optimale Anbindung an die späteren Themenfelder in Chemie und Biologie aussehen kann, ist u. a. wegen der Kontingenzstundentafel und der darauf aufbauenden schulinternen Arbeitspläne sehr schulspezifisch. Auch deswegen empfehlen sich Absprachen innerhalb der Fachkonferenz bzw. fachübergreifend. Je besser die Vernetzung zwischen den Fächern erfolgt, desto kontinuierlicher werden Kompetenzen entwickelt und desto besser gelingt ein kumulativer Aufbau der Basiskonzepte.

Beispielhaft wird gezeigt, dass das Themenfeld 4 des Physiklehrplans inhaltliche Verbindungen zum Themenfeld 3 des NaWi-Lehrplans, zu den Themenfeldern 5 und 7 des Chemielehrplans, zum Themenfeld 8 des Biologielehrplans und zum Themenfeld 10 des vorliegenden Physiklehrplans aufweist.

Im NaWi-Unterricht der Orientierungsstufe lernten die Schülerinnen und Schüler im Zusammenhang mit dem Vergleich von Bewegungen im Rahmen des Themenfeldes „Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft“ den Begriff der Geschwindigkeit kennen. Sie erfuhren auch, dass Energie nötig ist, um etwas in Bewegung zu versetzen. Im Unterricht der Mittelstufe werden diese Vorkenntnisse aufgegriffen und um den Aspekt der Wechselwirkung sowie die beschreibenden Größen Kraft und Impuls erweitert. In der Chemie wird die Wechselwirkung auf intermolekularer Ebene betrachtet, während in TF 8 der Biologie sowie in TF 10 der Physik der energetische Aspekt stärker im Vordergrund steht.

Neben den genannten sind auch in Themenfeld 4 Bezüge zu weiteren Fächern möglich. Schulinterne Abstimmung ist hier ebenfalls notwendig und hilfreich.

## 1.4 Entwicklung von Basiskonzepten im vierten Themenfeld

Der Physiklehrplan zielt auf die Entwicklung von Basiskonzepten, mit deren Hilfe sich die Schülerinnen und Schüler ein Bild von der Physik machen können, die ihnen aber auch in den anderen Naturwissenschaften bei der Erklärung ihrer lebensweltlichen Fragen helfen können. In der unten stehenden Grafik ist erkennbar, dass die Basiskonzepte kontinuierlich weiterentwickelt werden und einzelne Themenfelder jeweils auf unterschiedliche Weise Beiträge zur Entwicklung dieser Basiskonzepte leisten.

| Basiskonzept                      | TF 1 | TF 2 | TF 3 | TF 4 | TF 5 | TF 6 | TF 7 | TF 8 | TF 9 | TF 10 | TF 11 | TF 12 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Energie                           |      |      |      | ■    |      | ■    |      | ■    |      |       |       |       |
| System                            |      |      |      | ■    |      |      |      | ■    |      |       |       |       |
| Teilchen – Materie/Stoff          |      |      |      | ■    |      |      |      |      |      |       |       |       |
| Struktur – Eigenschaft – Funktion |      |      |      | ■    |      |      |      |      |      |       |       |       |
| Chemische Reaktion                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |
| Wechselwirkung                    |      |      |      | ■    |      | ■    |      |      |      |       |       |       |
| Entwicklung                       |      |      |      | ■    |      |      |      |      |      |       |       |       |

Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden. „Reibung“ ist (meist unerwünschte) Energieabgabe.  
 Die Vermeidung von unerwünschter Energieabgabe trägt zur Nachhaltigkeit bei.  
 Systeme im Gleichgewicht befinden sich in einem stabilen Zustand - Körper im Kräftegleichgewicht ändern ihren Bewegungszustand nicht.  
 Die Wechselwirkung von Körpern miteinander bewirkt eine Änderung der Bewegungszustände oder eine Verformung der Körper.  
 Die Darstellung der räumlichen Struktur der Felder (z. B. mit Feldlinien) gibt Auskunft über Richtung und Stärke einer WW.  
 Basiskonzept verpflichtend ■ Basiskonzept |||||

Abb. 2: Basiskonzeptentwicklung

Der Schwerpunkt des vorliegenden Themenfeldes liegt in erster Linie auf einer Weiterentwicklung des Basiskonzepts **Wechselwirkung**. Dazu leisten verschiedene Erkenntnisse und Beobachtungen aus dem Unterricht einen Beitrag. So erfahren die Lernenden, dass Bewegungsänderungen oder Verformungen von Körpern immer das Resultat einer Wechselwirkung mit anderen Körpern sind. Zur Beschreibung dieser Bewegungen nutzen sie die Geschwindigkeit, die als physikalische Größe sowohl Betrag als auch Richtung hat. Sie lernen mit der Kraft eine weitere vektorielle Größe kennen und nutzen Kraftpfeilpaare, um damit die Stärke und Richtung der Wechselwirkung zwischen den Partnern darzustellen. Zudem erfahren sie, dass Wechselwirkung auch ohne direkten Kontakt der Körper miteinander stattfinden kann und dass in der Physik zur Beschreibung solcher Phänomene der Feldbegriff (hier z. B. Magnetfeld oder Gravitationsfeld) herangezogen wird.

Bei der Betrachtung des Kräftegleichgewichts an einem Körper wird ein Teilaspekt des Basiskonzepts **System** angesprochen.

Die unabdingbare Ausschärfung des physikalischen Fachbegriffs „Kraft“ und die Abgrenzung von alltags-sprachlichen Zuschreibungen führt zwingend auch zu energetischen Betrachtungen und leistet damit einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Basiskonzeptes **Energie**.

Die folgende Darstellung zeigt noch einmal auf, wie verschiedene Basiskonzepte zur Erklärung der Beobachtung dynamischer Phänomene und zur Beantwortung vieler damit zusammenhängender Fragen beitragen.

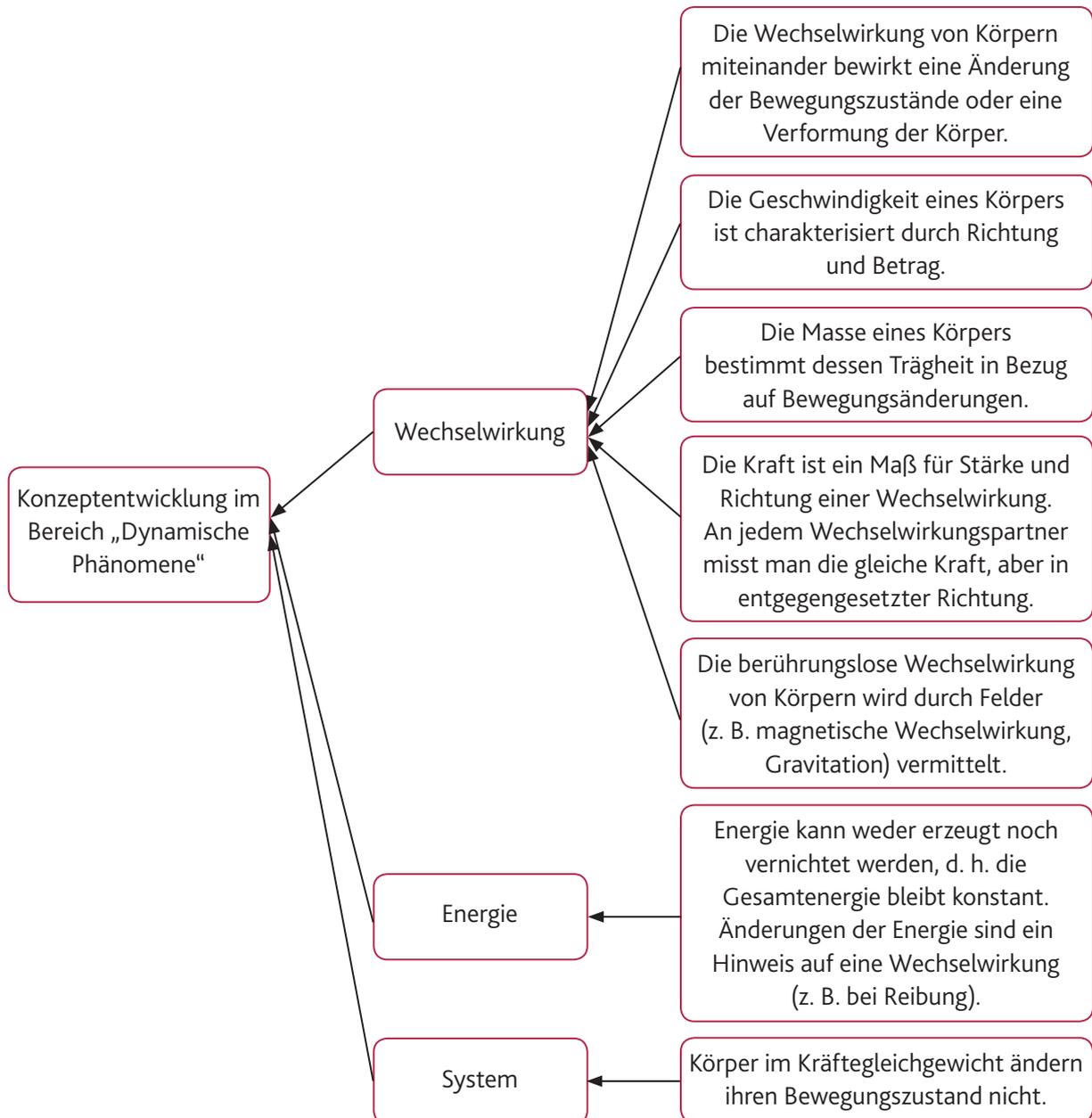


Abb. 3: Dynamische Phänomene und Basiskonzepte

## 1.5 Entwicklung von Kompetenzen im vierten Themenfeld

Der Physikunterricht kann bereits auf Kompetenzen aus dem NaWi-Unterricht zurückgreifen. Die folgende, gegenüber der Darstellung im Physiklehrplan reduzierte Übersicht zeigt die Schwerpunktkompetenzen in Themenfeld 4 aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Umgang mit Fachwissen und Kommunikation im Gesamtbild mit den anderen Physik-Themenfeldern, in denen diese Kompetenzen angelegt wurden bzw. erneut benötigt und gefestigt werden. Diese Kompetenzen bilden ebenso eine Grundlage für die weitere Schul- oder Ausbildung sowie das Berufsleben.

| Die Schülerinnen und Schüler können...   |                       | TF 1 | TF 2 | TF 3 | TF 4 | TF 5 | TF 6 | TF 7 | TF 8 | TF 9 | TF 10 | TF 11 | TF 12 |
|--|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| ... naturwissenschaftliche Konzepte zur Problemlösung nutzen.  | Umgang mit Fachwissen |      |      | ■    |      |      | ■    |      | ■    | ■    | ■     |       | ■     |
| ... mit Geräten, Stoffen, Verfahren umgehen.   |                       | ■    |      |      | ■    |      |      |      |      |      |       |       |       |
| ... Fachwissen strukturieren und Erklärungszusammenhänge herstellen.                                     |                       |      | ■    | ■    | ■    | ■    |      |      |      |      | ■     | ■     |       |
| ... naturwissenschaftlich untersuchen, experimentieren.  | Erkenntnisgewinnung   | ■    | ■    | ■    | ■    |      |      |      |      |      |       | ■     | ■     |
| ... modellieren.   |                       |      | ■    | ■    |      | ■    |      |      |      |      |       |       |       |
| ... naturwissenschaftliche Erkenntnisse bzw. den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess reflektieren. | Kommunikation         |      |      |      |      |      |      | ■    |      |      |       | ■     | ■     |
| ... Informationen sachgerecht entnehmen.   |                       |      |      |      |      | ■    | ■    | ■    |      |      |       | ■     |       |
| ... sach- und adressatengerecht präsentieren und dokumentieren.  |                       | ■    | ■    |      | ■    |      |      |      |      |      |       | ■     |       |
| ... naturwissenschaftlich argumentieren und diskutieren.   |                       |      |      |      |      |      | ■    |      | ■    |      |       |       | ■     |
| ... Bewertungskriterien festlegen und anwenden.  | Bewertung             |      |      |      |      |      |      |      | ■    | ■    |       |       |       |
| ... Handlungsoptionen erkennen und aufzeigen.  |                       | ■    |      |      |      | ■    |      |      |      |      | ■     |       |       |
| ... Sachverhalte naturwissenschaftlich einordnen und (multiperspektivisch) bewerten.                     |                       |      |      |      |      |      |      | ■    | ■    |      | ■     |       |       |

Abb. 4: Kompetenzentwicklung

Experimentierkompetenz ist eine wesentliche Kompetenz, die im Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer gefordert ist und deshalb auch im Physikunterricht kontinuierlich entwickelt werden muss. Der Lehrplan bietet dafür in fast allen Themenfeldern (außer TF 5, TF 7 und TF 10) ausdrücklich Raum. Auch im Themenfeld 4 wird die Kompetenz im Experimentieren weiter gefördert, wenn Bewegungen und Bewegungsänderungen untersucht werden.

Bei dieser experimentellen Untersuchung von Bewegungsänderungen erweitern die Schülerinnen und Schüler auch ihre Kompetenz im Umgang mit Messgeräten und Messverfahren, sie nutzen neu erworbenes Fachwissen, um Vorgänge zu erklären, und sie stellen die Ergebnisse ihrer Untersuchungen passend dar. Dabei nutzen sie Darstellungsformen wie Tabellen, Graphen und Pfeile.

## 1.6 Didaktische Anmerkungen

### ■ Dynamische Phänomene im Physikunterricht

Für den Einstieg in die Mechanik über die Dynamik und nicht über die Statik gibt es eine Vielzahl von Argumenten (vgl. Wiesner, H.: Dynamik in den Mechanikunterricht – ein Vorwort, PdN 7/59, S. 4 f.).

So erschwert der Einstieg über die Statik die Unterscheidung von Wechselwirkungs- und Gleichgewichtskräften und fördert z. B. Fehlvorstellungen der Art, dass Wechselwirkungskräfte an ein und demselben Körper angreifen oder das Kräftegleichgewicht mit Ruhezustand gleichgesetzt wird. Wird dann von der Statik zur Dynamik übergeleitet, taucht die Verständnishürde auf, dass die Zeit in der Statik keine Rolle spielt, in der Dynamik jedoch über die Zeit der Zusammenhang zwischen der wirkenden Kraft und der Auswirkung (Impulsänderung) hergestellt wird.

Am Anfang des Unterrichts zum Themenfeld 4 steht die Betrachtung von Bewegungen und von Änderungen der Bewegung. Dabei soll auf keinen Fall der gesamte Begriffsapparat der Kinematik eingeführt werden, sondern es geht darum, aus der eigenen Erfahrung und Beobachtung heraus Vorgänge zu beschreiben, bei denen sich die Bewegung eines Körpers ändert. Bewusst wird hier die Formulierung „Bewegungsänderung“ und nicht „Geschwindigkeitsänderung“ gewählt, denn für Schülerinnen und Schüler ist entsprechend ihrer Alltagserfahrung Geschwindigkeit zunächst einmal das, was der Tacho anzeigt – aus physikalischer Sicht also nur der Betrag des Geschwindigkeitsvektors, das Tempo. „Bewegungsänderung“ beinhaltet in ihrer Wahrnehmung jedoch auch Richtungsänderungen.

An verschiedenen Beispielen erkennen die Lernenden, dass die Änderung der Bewegung eines Körpers immer das Resultat einer Wechselwirkung dieses Körpers mit seiner Umgebung ist.

### ■ Idealisierung und Trägheitssatz

Eine wesentliche Verständnishürde für Lernende liegt in den den physikalischen Gesetzen und Denkweisen zu Grunde liegenden Idealisierung. Der Satz von Carl Friedrich von Weizsäcker:

*„Galilei tat seinen großen Schritt, indem er es wagte, die Welt so zu betrachten wie wir sie gerade nicht erfahren.“<sup>1</sup>*

weist auf diesen zentralen Aspekt hin. Wenn dieser Grundgedanke der Idealisierung im Unterricht nicht thematisiert wird, haben die Lernenden immer wieder mit Diskrepanzen zwischen ihren Alltagserfahrungen und der physikalischen Sicht- und Beschreibungsweise zu kämpfen.

<sup>1</sup> Carl Friedrich von Weizsäcker, Die Tragweite der Wissenschaft, Bd. I: Schöpfung und Weltentstehung. Die Geschichte zweier Begriffe, 4., unveränderte Aufl. (Stuttgart 1973), S. 106

In der Mechanik taucht diese Idealisierung an erster Stelle in der scheinbar jeder Erfahrung widersprechenden Annahme des Trägheitssatzes auf: Ohne äußere Einwirkung behält ein Körper seinen Bewegungszustand bei – sein Impuls ändert sich nicht. Alle von den Lernenden im Alltag beobachteten sich bewegenden Objekte kommen irgendwann zur Ruhe bzw. bewegen sich nur dann gleichförmig, wenn sie dabei angetrieben werden – ganz egal, ob es sich um ein Auto, ein Fahrrad oder ein Skateboard handelt. Um diesen scheinbaren Widerspruch zwischen Alltagserfahrung und physikalischer Theorie aufzulösen, sollte die Aussage des Trägheitssatzes ganz bewusst zum Gegenstand des Unterrichts gemacht werden.

Ausgehend von Bildern wie den folgenden können die Lernenden zunächst ihre damit verbundenen Vorstellungen äußern.



Abb. 5: Idealisierung, Zeichnung: Wolfgang Heuper

Als Grundlage einer weiteren Auseinandersetzung können die Positionen von Galilei und Aristoteles als Denkmodelle vorgegeben, miteinander verglichen und in Bezug auf die zuvor geäußerten Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler dazu diskutiert werden:

**Aristoteles:** Es gibt natürliche Bewegungen und erzwungene Bewegungen. Natürliche Bewegungen wie z. B. das Fallen eines Steins oder das Aufsteigen von Rauch benötigen keinen Antrieb – sie laufen von alleine ab. Erzwungene Bewegungen wie z. B. die Bewegung eines Ochsenkarrens oder Wagens hören auf, sobald der „Zwang“, d. h. der Antrieb wegfällt.

**Galileo Galilei:** Wir haben nur dann eine Chance, die Natur zu verstehen (und sie mathematisch zu beschreiben), wenn wir sie nicht so beschreiben, wie wir sie erfahren, sondern wenn wir idealisieren. Ich habe beobachtet: Je glatter eine ebene Oberfläche ist, desto weiter rollt eine (einmal angestoßene) Kugel darauf.

Idealisierung: Wäre die Oberfläche völlig glatt, so müsste sie ewig weiterrollen.

#### ■ Eigene Erfahrungen ermöglichen

Ideal ist es, wenn den Lernenden in möglichst vielen Bereichen eigene Erfahrungen ermöglicht werden können. Eindrucksvoll lässt sich das Prinzip des **Trägheitssatzes** bei der (nahezu) reibungsfreien Bewegung auf einem Luftkissengleiter (Bauanleitung s. Anhang) erleben, auf dem die Person, einmal angeschoben, mit kaum abnehmender Geschwindigkeit quer durch die ganze Turnhalle gleitet. Ein Abbremsen, Beschleunigen oder Abbiegen ist „aus eigener Kraft“ unmöglich. Nur durch **Wechselwirkung** mit der Umgebung, z. B. Anschieben durch Mitschülerinnen und -schüler oder Aufsetzen des Fußes auf den Boden, können Änderungen der Bewegung bewirkt werden.

Auch einfache Versuche wie z. B. Experimente mit rollenden Kugeln auf verschiedenen Untergründen (siehe Unterrichtsbeispiel UG1 Sequenz 3) können zur Veranschaulichung der Galileischen Idealisierung herangezogen werden.



Abb. 6: Luftkissengleiter ohne und mit Last, Foto: Wolfgang Heuper

Bei den Versuchen mit dem Luftkissengleiter erleben die Schülerinnen und Schüler zudem, dass man abhängig von der angestrebten Bewegungsänderung sowie von der Masse des Körpers unterschiedlich stark drücken oder ziehen muss, mithin also unterschiedlich große Kräfte wirken müssen. So lässt sich der Luftkissengleiter ohne Person darauf wesentlich leichter auf eine bestimmte Geschwindigkeit bringen (oder aus dieser abstoppen), als das mit „Passagier“ der Fall ist. Steht kein Luftkissengleiter zur Verfügung, so können diese Erfahrungen auch beim Werfen und Auffangen von Medizin- bzw. Volleybällen gemacht werden.



Abb. 7: Medizinball, Foto: Wolfgang Heuper

- Wenn die Kraft über Bewegungsänderungen eingeführt wird – wie komme ich dann von der Dynamik zur Statik?

Der Kraftbegriff wird zur Beschreibung der Wechselwirkung bei der Untersuchung von Bewegungsänderungen eingeführt. Bei entsprechenden Experimenten erfahren die Schülerinnen und Schüler, dass man zur Änderung der Bewegung eines Körpers „irgendwie daran drücken oder ziehen muss“. Das Wirken von Kräften lässt sich damit auf folgende Weise charakterisieren:

„Kraft wirkt immer dann, wenn es irgendwo drückt oder zieht“.

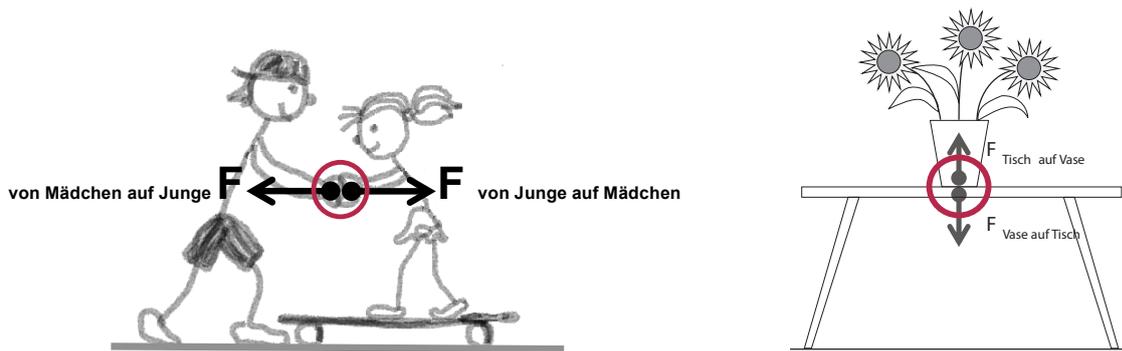


Abb. 8: Wechselwirkungskräfte, Andrea Bürgin

Man versetzt sich in Gedanken in die Dinge hinein und „schaut“, wo es drückt oder zieht. Im dargestellten Beispiel ist das z. B. an den Händen der Kinder der Fall. Dieses „Drücken“ oder „Ziehen“ findet man jedoch auch in Situationen, in denen man keine Bewegungsänderung feststellen kann, z. B. wenn man sich an die Stelle zwischen Vase und Tisch „hineindenkt“. Also wirken auch in dieser statischen Situation Kräfte.

#### ■ Der Kraftbegriff in Alltagssprache und Fachsprache

Weitere Verständnishürden für die Lernenden liegen auch in der großen Differenz von Fachsprache und Alltagssprache in Bezug auf den Begriff „Kraft“ (vgl. Schmäzle, P.: Zum sprachlichen Umgang mit dem Kraftbegriff, PdN 1/64, S. 11 f.; Muckenfuß, H.: Lernen im sinnstiftenden Kontext). Während man im Alltag durchaus von „Kraft haben“ redet, darf man in der physikalischen Fachsprache nur ganz spezielle Formulierungen verwenden: „A übt auf B eine Kraft aus“, „eine Kraft wirkt auf B“, „B erfährt eine Kraft“. Und selbst diese fachlich richtigen Formulierungen wecken bei den Schülerinnen und Schülern falsche Assoziationen, legen sie doch nahe, dass es immer einen aktiven (hier A) und einen passiven (B) Wechselwirkungspartner gibt. Die hinter diesen Formulierungen steckende und in der Physik häufig genutzte Strategie, im Sinne einer Reduktion der Komplexität nur einen Aspekt der Wechselwirkung (bzw. nur die Auswirkung auf einen der Wechselwirkungspartner) zu betrachten, wird vielfach im Unterricht nicht deutlich gemacht.

#### ■ Kraft vs. Energie

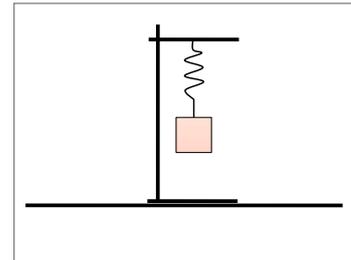
Vielfach wird der Begriff „Kraft“ in der Alltagssprache in Zusammenhängen benutzt, in denen es aus physikalischer Sicht um die Energie geht: Wasserkraftwerk, Windkraft, Kraftübertragung, Kraftstoff, usw. Auch diese Tatsache trägt zur Verunsicherung der Schülerinnen und Schüler bei der richtigen Benutzung des Fachbegriffes „Kraft“ bei und muss von der Lehrkraft bewusst thematisiert werden. Insofern spielt auch die physikalische Größe „Energie“ im Unterricht zu Themenfeld 4 eine wichtige Rolle. Der Energiebegriff soll dabei nicht in klassischer Weise über die physikalische Arbeit hergeleitet werden, sondern es bietet sich an, die Lernenden bei ihrem Alltagsverständnis von Energie abzuholen und mit einfachen Beispielen zu arbeiten: Energie ist das, was man braucht, um etwas anzutreiben, etwas zu erwärmen, etwas zu beleuchten. Um einen Gegenstand hochzuheben, benötigt man Energie. Beim Aufzug macht das z. B. ein Elektromotor. Um ihn oben zu halten, benötigt man keine Energie. Wenn der Motor ausgeschaltet wird, bleibt die Aufzugskabine oben. In beiden Fällen wirken Kräfte, aber nur, wenn sich der Gegenstand durch die Wirkung der Kraft auch bewegt, wird Energie übertragen.

■ Vermeidung überflüssiger „Begriffsakrobatik“ zur Kraft

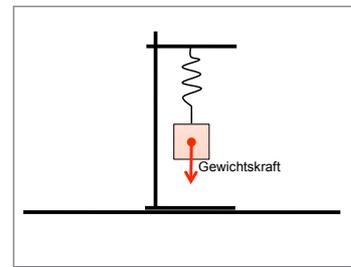
Aufträge wie „Zeichne alle wirkenden Kräfte ein und benenne sie“ bringen im Allgemeinen keinen Lernzugewinn. Zum einen ist es schlichtweg unmöglich, alle Kräfte einzzeichnen. Zum anderen weckt der Auftrag „benenne sie“ den Eindruck, dass es wichtig wäre, die richtigen Bezeichnungen für diese Kräfte zu finden bzw. zu kennen.

Die folgenden Bilder und das zugehörige Unterrichtsgespräch mögen diese Problematik verdeutlichen:

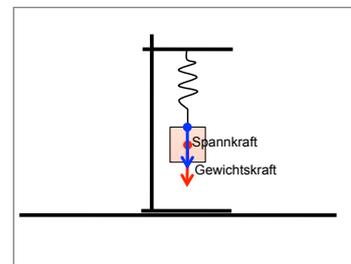
Auf dem Experimentiertisch steht ein Stativ; daran, an einer Feder aufgehängt, ein Holzklotz. „Nennt die wirkenden Kräfte und zeichnet sie ein!“



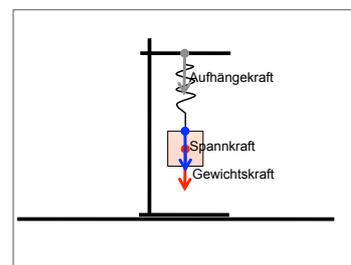
Die erste Kraft, die von den Schülerinnen und Schülern genannt wird, ist die Gewichtskraft. Sie wird mit dem Angriffspunkt im Massenmittelpunkt eingezeichnet.



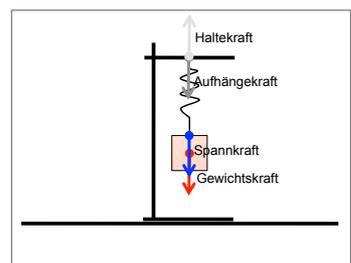
„Ja, und das Gewicht des Klotzes spannt die Feder – also noch die Spannkraft!“



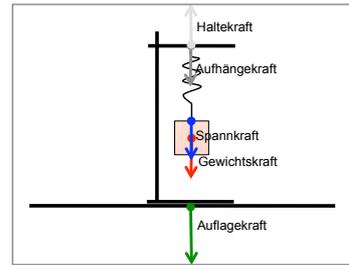
„Über die Feder ist der Klotz am Stativ aufgehängt – da wirkt dann also noch die Aufhängekraft.“



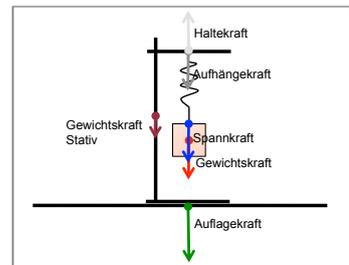
„Entgegengesetzt dazu wirkt die Haltekraft – weil die Stange doch das Gewicht mit der Feder hält!“



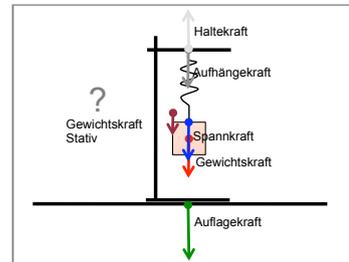
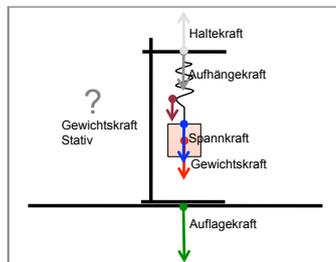
„Und dann wirkt noch die Auflagekraft da, wo das Stativ auf dem Tisch steht. Das drückt ja auf den Tisch!“ „Der Pfeil muss länger sein als der von der Gewichtskraft, weil das Stativ selber ja auch noch Gewicht hat!“



„Ja, dann brauchen wir aber auch noch einen Pfeil für die Gewichtskraft vom Stativ!“

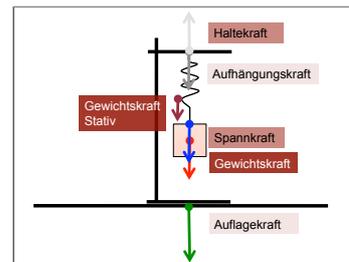


„Aber muss der Pfeil nicht in den Massenmittelpunkt vom Stativ? Wo ist der denn?“



Wie man unschwer erkennt, ging es im gesamten oben skizzierten Gespräch nur um „richtige“ Bezeichnungen und darum, wo man denn die Pfeile einzeichnen muss. Weder der Wechselwirkungsaspekt von Kraft noch weitere physikalische Aspekte oder gar die Möglichkeit, auf Grund der Kraftpfeile Vorhersagen über das Verhalten von Körpern machen zu können, wurden thematisiert.

Die Bezeichnungen der Kräfte offenbaren ein zusätzliches Dilemma: Es gibt kein nachvollziehbares System, nach dem die Bezeichnungen formuliert werden, sondern die Wahl der Bezeichnung ist in gewisser Weise beliebig: Mal bezieht sich der Name auf die Auswirkung (halten, spannen), mal auf den „Wechselwirkungskanal“ (Gravitation: Gewicht) und mal eher auf den Ort, wo die Kraft wirkt (Aufhängung, Auflage).



■ Ein Vorschlag für das Zeichnen und Benennen von Kraftpfeilen

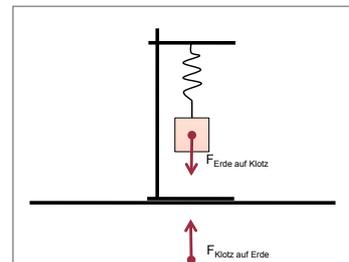
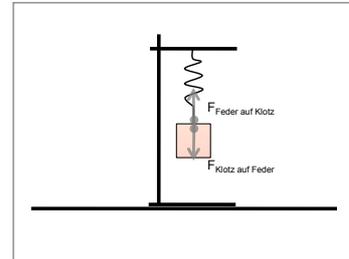
Um die zuvor skizzierten Schwierigkeiten zu verringern, wird im Folgenden ein Weg vorgeschlagen, der das Zeichnen und Benennen von Kraftpfeilen auf wenige überschaubare Regeln zurückführt.

**Regeln für das Zeichnen von Kraftpfeilen:**

Kräfte treten immer nur paarweise als Resultat einer Wechselwirkung auf.

Wir zeichnen immer zwei Pfeile in der jeweils gleichen Farbe,

- die an verschiedenen Körpern, den jeweiligen Wechselwirkungspartnern, angreifen (deutlich mit dickem Punkt zeichnen),
- die gleich lang und parallel entgegengerichtet sind,
- deren Länge vergleichsweise den Betrag der Kraft symbolisiert.



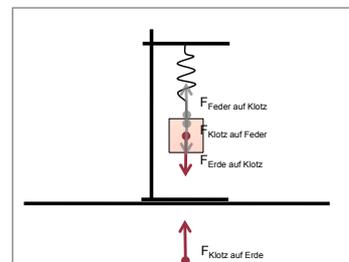
Eine Bemerkung zum Einzeichnen des Angriffspunktes: Wenn die Kräfte auf Grund des direkten Kontaktes der Körper wirken, so wird der Angriffspunkt auch an die Kontaktstelle gezeichnet. Bei Gravitationskräften liegt der Angriffspunkt im Massenmittelpunkt; weil das bei der Erde jedoch nicht auf das Zeichenblatt passen würde, wird hier eine Ausnahme gemacht und der Pfeil an den unteren Rand der Zeichnung gesetzt.

■ Wechselwirkungskräfte und Gleichgewichtskräfte

**Wechselwirkungskräfte** greifen immer an **verschiedenen** Körpern an.

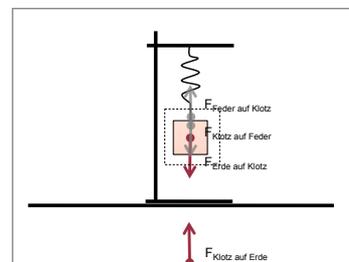
**Gleichgewichtskräfte** greifen immer an **einem** Körper an.

Gleichgewichtskräfte und Wechselwirkungskräfte sind paarweise immer gleich groß. Wird die oben empfohlene Farbgebung genutzt, so sind die Kraftpfeile, die Wechselwirkungskräfte darstellen, gleichfarbig. Kraftpfeile für Gleichgewichtskräfte haben dann unterschiedliche Farben.

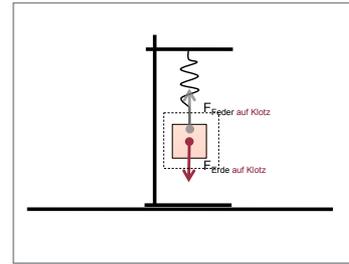


■ Vorhersagen zum Verhalten von Körpern unter dem Einfluss von Kräften

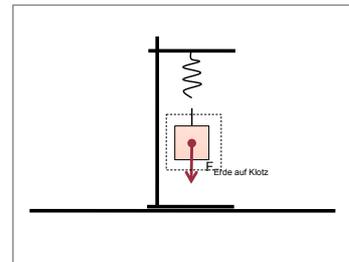
Geht es um das Verhalten eines Körpers unter dem Einfluss von Kräften, so zieht man in der Physik in Gedanken eine Systemgrenze um den Körper und betrachtet nur die innerhalb dieses Systems wirkenden Kräfte.



Man erkennt: Auf den Klotz wirken zwei Kräfte; sie sind gleich groß, entgegengesetzt gerichtet und auf einer Wirkungslinie. Der Bewegungszustand des Klotzes wird sich also nicht ändern.



Was macht der Klotz, wenn die Feder reißt? Es gibt nun keine Wechselwirkung mehr zwischen Klotz und Feder – die entsprechenden Kraftpfeile entfallen, und übrig bleibt nur noch ein Pfeil am Klotz. Der Klotz wird sich nach unten beschleunigt bewegen.



■ Der Zugang zur Kraft über den Impuls

Der Impuls wurde von Newton bei der Beschreibung von bewegten Körpern mit dem Begriff „quantitas motus“ bezeichnet, was man mit „Bewegungsmenge“ übersetzen könnte und was damit die Eigenschaft des Impulses besser trifft als der häufig genutzte Begriff „Bewegungsgröße“. Der Impuls ist eine vektorielle Erhaltungsgröße, für den eine Kontinuitätsgleichung aufgestellt werden kann, wie sie in ähnlicher Form z. B. auch für die elektrische Ladung gilt (siehe „Mechanik ohne Fernwirkung – mit Impuls und Impulsströmen“, H. Hauptmann, PdN Heft 1/2015, S. 15 ff.). Damit hat der Impuls die Eigenschaft einer mengenartigen Größe.

Unter didaktischen Gesichtspunkten können die sich hieraus ergebenden Konsequenzen in mehrfacher Hinsicht vorteilhaft genutzt werden: Der neue Begriff „Impuls“ kann an bestehende Alltagsvorstellungen von Schwung oder Wucht angeknüpft werden, das Sprechen über den Impuls ist einfach, der Wechselwirkungsaspekt rückt automatisch in den Vordergrund, klassische Fehlvorstellungen zur Kraft können vermieden werden.

- Anknüpfen an Alltagsvorstellungen:

Wirft man Schülerinnen und Schülern verschiedene Bälle (Tennisball, Volleyball, Medizinball) zu und lässt sie ihr unterschiedliches Empfinden beim Auffangen beschreiben, so werden ihre Antworten typischerweise die Begriffe „Wucht“ oder „Schwung“ enthalten. Die Schülerinnen und Schüler erhalten nun die Information, dass die Eigenschaft, die sie mit „Schwung“ oder „Wucht“ beschrieben haben, in der Physik mit dem Namen „Impuls“ bezeichnet wird. Beim Vergleich der Würfe lassen sich erste Eigenschaften des Impulses festhalten: Ein Körper enthält umso mehr Impuls, je höher seine Geschwindigkeit ist. Ein Körper enthält umso mehr Impuls, je größer seine Masse ist. Dabei darf man sich den Impuls durchaus als etwas mengenartiges, als eine Art „Zeug“ vorstellen – genauso, wie man sich unter dem Begriff „elektrische Ladung“ auch etwas mengenartiges vorstellt, auch wenn die Ladung zunächst einmal lediglich eine Eigenschaft eines Körpers in Hinblick auf sein Verhalten bei elektromagnetischer Wechselwirkung beschreibt.

- Sprechen über den Impuls:

Zur Beschreibung von Vorgängen mit Hilfe des Impulses lassen sich alle die Verben benutzen, die man auch im Zusammenhang mit anderen mengenartigen Größen wie z. B. Sand oder Geld benutzen kann: Ein bewegter Körper hat Impuls. Wenn sich seine Bewegung ändert, dann kommt Impuls hinzu oder es fließt Impuls ab (Anmerkung: Wegen der Vektoreigenschaft des Impulses muss hier natürlich im mehrdimensionalen Fall über jede Komponente einzeln bilanziert werden). Bei einer Wechselwirkung zwischen einem bewegten und einem ruhenden Körper gibt ein Körper Impuls an den anderen Körper ab (elastischer Stoß) oder der Impuls verteilt sich auf beide Körper (inelastischer Stoß).

- Impulserhaltung:

Diese oben geschilderten Beobachtungen legen bereits die Erhaltung des Impulses nahe – der (Gesamt)-Impuls vorher ist gleich dem (Gesamt)-Impuls nachher. In weiteren Experimenten z. B. mit einer gespannten Feder zwischen zwei ruhenden Gleitern oder mit einem Modellauto, das auf einer weitgehend frei beweglichen Fahrbahn startet, erweist sich, dass der Impuls keine skalare Größe sein kann, sondern richtungsabhängig ist: der Impuls vorher ist Null und nachher haben beide Körper Impuls. Dennoch muss die Summe Null ergeben. Im eindimensionalen Fall lässt sich dies über das Vorzeichen darstellen, im mehrdimensionalen Fall werden Pfeile zur Darstellung verwendet.

- Wechselwirkungsaspekt rückt in den Vordergrund:

Beobachtet man an einem Körper eine Impulsänderung, so führt dies automatisch zur Frage, wo denn der Impuls herkommt oder wo er hinströmt, mithin also zur Suche nach dem Wechselwirkungspartner. Ein weiterer Gesichtspunkt ist auch, dass die Frage nach dem Weg des Impulses aufkommt. Gibt es zwischen den Körpern eine materielle Verbindung (z. B. Feder oder Knete), so nimmt der Impuls diesen Weg. Bei berührungsloser Wechselwirkung wird der Impuls über das Feld (z. B. Gravitationsfeld, Magnetfeld) übertragen.

- Vermeidung von Fehlvorstellungen zur Kraft:

Wenn die Kraft als Impulsänderung pro Zeit bzw. (mit dem inneren Bild einer mengenartigen Größe vor Augen) als Impulsstromstärke eingeführt wird, so wird damit der Fehlvorstellung von Kraft als Eigenschaft eines Körpers entgegengewirkt. Gleichgewichts- und Wechselwirkungskräfte können so leichter auseinandergehalten werden: Kräftegleichgewicht bedeutet, dass der Impuls eines Körpers sich nicht ändert, also genauso viel Impuls hinzukommt wie wegströmt. Es sind also die Kraftpfeile an diesem einen Körper zu betrachten. Bei den Wechselwirkungskräften ist die Frage, wo der Impuls herkommt oder hinströmt, der in den betrachteten Körper hinein oder von ihm wegströmt – evtl. sind hier also Kraftpfeilpaare, die an verschiedenen Körpern angreifen, zu betrachten. Auch eine Frage zum Tauziehen wie „A und B ziehen jeweils mit 300 N. Welche Kraft wirkt im Seil?“ lässt sich einfach beantworten: 300 N ist die Stärke des Impulsstromes bei A und bei B und damit auch im dazwischenliegenden Seil.

## 2 UNTERRICHTSBEISPIELE

### 2.1 Vorüberlegungen

Im Folgenden werden drei Möglichkeiten skizziert, wie Unterricht zum Themenfeld 4 durchgeführt werden kann. Alle Varianten sind lehrplankonform, unterscheiden sich jedoch grundlegend.

Zwei wesentliche Entscheidungen führen zu den Unterschieden:

- Welche Darstellungsform für Bewegungen wird verwendet?
- Welche charakteristische Größenänderung stellt den Zusammenhang zur Kraft dar?

#### Entscheidung über die Darstellungsform:

Allein schon aus Zeitgründen, aber auch in Hinblick auf die Intention des Themenfeldes, scheidet eine Behandlung der Kinematik wie in der Oberstufe mit  $s(t)$ ,  $v(t)$  und  $a(t)$ -Diagrammen sowie ihren Formeln und Abhängigkeiten aus. Für die Darstellung der Bewegungen ergeben sich zwei Darstellungsmöglichkeiten:

- Vektorielle Darstellung: Die Bewegung lässt sich didaktisch vorteilhaft in mehr als einer Dimension einbeziehen. Eine Zeitabhängigkeit ist nur durch Bildfolgen darstellbar.
- Diagramme in verkürzter Form, besonders  $v(t)$ : Eine Zeitabhängigkeit ist darstellbar, aber keine Bewegung(sänderungen) in mehr als einer Dimension. Es lässt sich ein einfacher Bezug zur Mathematik herstellen, wobei aber auch die Gefahr eines „Mathematikunterrichts in Physik“ besteht.

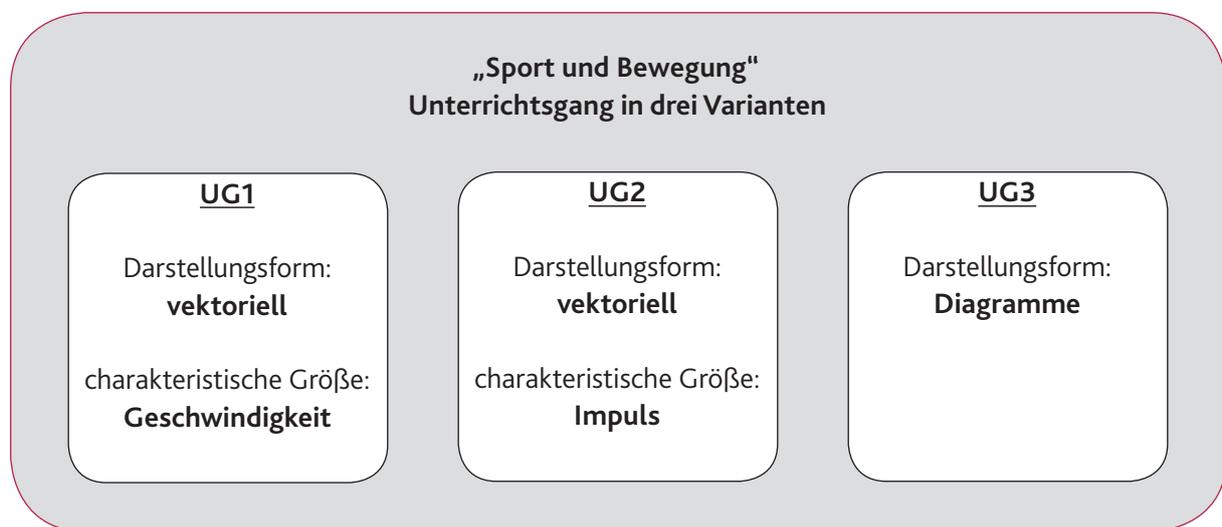
#### Entscheidung über die Größenänderung:

- Geschwindigkeitsänderung: Die Geschwindigkeit ist experimentell zunächst einfach zugänglich, aber der Zusammenhang zur Kraft über  $F\Delta t = m\Delta v$  bzw.  $F = m\Delta v/\Delta t$  bei einer Wechselwirkung ist etwas umständlich, zudem müssen  $\Delta v$  und  $v$  (als gewohnte Größe) auseinander gehalten werden.
- Impulsänderung: Zunächst wird der Impuls als „Schwung“  $p = mv$  identifiziert und als charakteristische Größe zur Beschreibung von Bewegungen eingeführt werden. Die Kraft ergibt sich dann einfach als Impulsübertrag pro Zeit bei einer Wechselwirkung  $F = \Delta p/\Delta t$ . Trägheit, Impulserhaltung und Wechselwirkungskräfte (Newton 3) ergeben sich dabei von selbst.

Für jeden der im Folgenden skizzierten Unterrichtsgänge gilt ein Zeitansatz von 16 Unterrichtsstunden (ohne Überprüfungen). Differenzierungsmöglichkeiten (auch zeitlich) hängen vom Stundenansatz ab. Wenn am Gymnasium insgesamt sieben Wochenstunden (WS) Physik in den Klassen 7-10 unterrichtet werden, kann man z. B. bei drei WS in Klasse 8 (sowie je zwei WS in Klasse 9 und 10) im ersten Lernjahr TF 1-4 auch mit einer gewissen Vertiefung unterrichten.

Wenn der Stundenansatz so ist, dass in drei Lernjahren je zwei WS unterrichtet werden, muss hier auf eine vertiefte Mathematisierung verzichtet werden. Gerade dann bietet sich der skizzierte Gang über den Impuls an.

Die Unterrichtsgänge bzw. Materialien sind im Unterricht erprobt worden und erfüllen die Anforderungen des Lehrplanes. Durch Nutzung der vorgeschlagenen sowie von weiteren individuellen Differenzierungen können alle bereitgestellten Materialien für die eigene Schulform angepasst werden. Notwendige Maßnahmen für ein sicheres Umsetzen der vorgestellten Experimente im Unterricht obliegen der unterrichtenden Lehrkraft.



Bei der Beschreibung der Unterrichtsgänge werden folgende Abkürzungen verwendet:

TF – Themenfeld, S – Sequenz, E – Experiment, GA – Gruppenarbeit, AB – Arbeitsblatt, Info – Informationsmaterial, Merk – Merkblatt, LE – Lerneinheit, LK – Lernkontrolle, mind – Mindmap, Ueb – Übungen.

Alle vorgestellten Materialien stehen zum kostenlosen Download auf dem Bildungsserver Rheinland-Pfalz bereit unter <http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/physik/unterricht.html>.

Die Dateinamen bestehen aus der Kennung dieser Handreichung, der TF-Nr., dem Kürzel des Unterrichtsganges, der Sequenz- oder Bausteinnummer und der Art des Materials mit laufender Nummer sowie gegebenenfalls weiterer Kennzeichnung von Teilaufgaben, Gruppen, Differenzierung.

## 2.2 Unterrichtsgang „Sport und Bewegung“ – Variante UG1

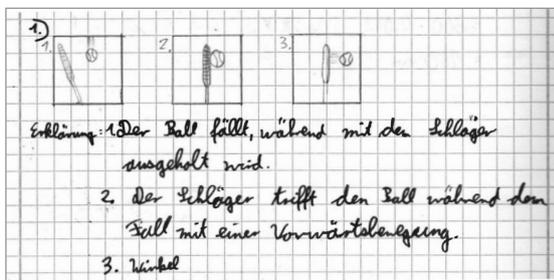
| TF 4                                | Sequenz   | Fachlicher Schwerpunkt   | Tätigkeiten/Lernprodukte   |
|-------------------------------------|---|--|--|
| „Sport und Bewegung“ – Variante UG1 | S1:<br>Coole Mov(i)es:<br>Bewegungen beschreiben          | Darstellung von Bewegungen mittels Geschwindigkeitsvektor (4-6 Unterrichtsstunden)           | <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Beschreibung von Bewegungen in Videoclips (4 Clips, ein Auftrag – Ergebnisse zusammenstellen und vergleichen: Es wird immer versucht, Geschwindigkeitsbetrag, Geschwindigkeitsrichtung und zeitliche Änderung zu beschreiben)</li> <li>↳ Geschwindigkeit als Vektor:<br/>Übungen an Stroboskopbildern (Vektor und Bildfolgen als übliche Darstellungsform)</li> <li>↳ Die Zusatzgeschwindigkeit:<br/>Beschreibung von Bewegungsänderungen (grafische vektorielle Addition, AB Zusatzgeschwindigkeit, evtl. Bezug zu den Clips zu Beginn)</li> <li>↳ Bist du so schnell wie ein Eishockeytorwart? (Rechnen mit Geschwindigkeiten, je nach Vorwissen 1-2 ABs)</li> </ul>                    |
|                                     | S2:<br>Schieß ein Tor:<br>Bewegungsänderungen untersuchen | Beschreiben von Wechselwirkungen, Kraft als Stärke der Wechselwirkung (5 Unterrichtsstunden) | <ul style="list-style-type: none"> <li>✦ Gemeinsamkeiten bei Bewegungen: Betrachten der Clips vom Anfang und Experimente (AB WW)</li> <li>✦ Aufstellen und Überprüfen von Gesetzmäßigkeiten an Beispielen (WW-Prinzip und Rolle der Masse an Experimenten präsentieren)</li> <li>✦ Experimente (AB Schieß ein Tor) und Zusammenhänge zwischen Größen bei Wechselwirkung,<br/><math>F\Delta t = m\Delta v</math>: Kraft als Stärke der WW</li> <li>✦ Anwendungen zu <math>F\Delta t = m\Delta v</math> (AB Argumentationen)</li> </ul>  |
|                                     | S3:<br>Kraft im Fokus                                     | Messung von Kräften und Anwendung auf verschiedene Beispiele (6-8 Unterrichtsstunden)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>↯ Darstellung von Kräften als Vektor (didakt. Hinweis: andere Farbe als bei Geschwindigkeitsvektor verwenden!), Anwendung: Kraft vor, während und nach einer WW (AB Kraft_vor_waehrend_nach_WW)</li> <li>↯ Reibung und Trägheit erarbeiten (AB)</li> <li>↯ Kräftegleichgewicht (vgl. didakt. Anmerkungen, AB Kräftegleichgewicht)</li> <li>↯ Messung von Kräften: statisch mittels Federkraftmesser an verschiedenen Beispielen und Präsentation (Anknüpfen an Gleichgewicht zur Beschreibung, evtl. mit Skizze - Kraftpfeile einzeichnen lassen)</li> <li>↯ Messung von Kräften: dynamisch (AB Skateboard oder AB Lichtschranke)</li> <li>↯ Gewichtskraft und Masse, Ortsfaktor</li> </ul> |

Die vorliegende Variante 1 zum Unterrichtsgang „Sport und Bewegung“ nutzt die Darstellung der Bewegungen über den Geschwindigkeitsvektor. Wechselwirkungen werden über die Gleichung  $F\Delta t = m\Delta v$  beschrieben.

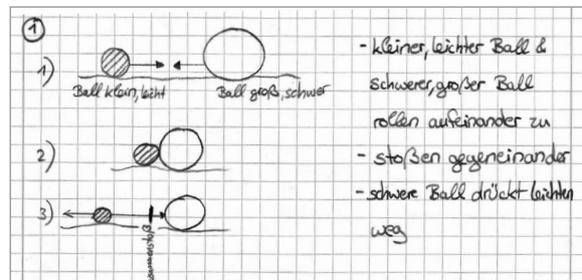
**Erläuterungen zu Sequenz 1 – Coole Mov(i)es: Bewegungen beschreiben**

Zum **Einstieg** (1 Unterrichtsstunde) betrachten Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen verschiedene Filmclips aus dem Sport (in denen Bewegungsänderungen zu sehen sind, z. B. Eckball, Billardkollision etc.) mit dem Auftrag, die beobachtete Bewegung darzustellen. Danach werden Ergebnisse vorgestellt und verglichen. Erfahrungsgemäß enthalten fast alle Darstellungen Pfeile, die allerdings verschieden interpretiert werden (können). Betrag und Richtung einer Geschwindigkeit sowie eine zeitliche Abfolge stellen die Lernenden oft auf kreative Weise dar, was gute Anknüpfungsmöglichkeiten für die tatsächliche Vektordarstellung liefert. Die Pfeile in den Schülerdarstellungen stellen im Allgemeinen zunächst nur „die Bewegung“ ohne weitere physikalische Zuschreibung dar. Beispiele aus dem Unterricht:

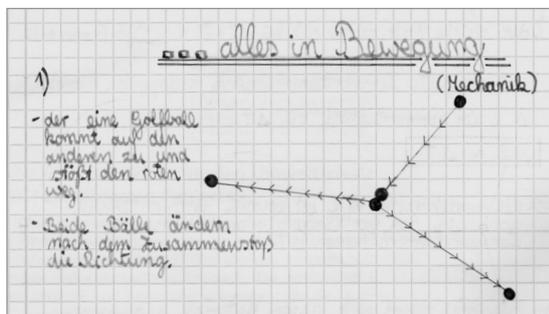
a) Darstellung als Comic



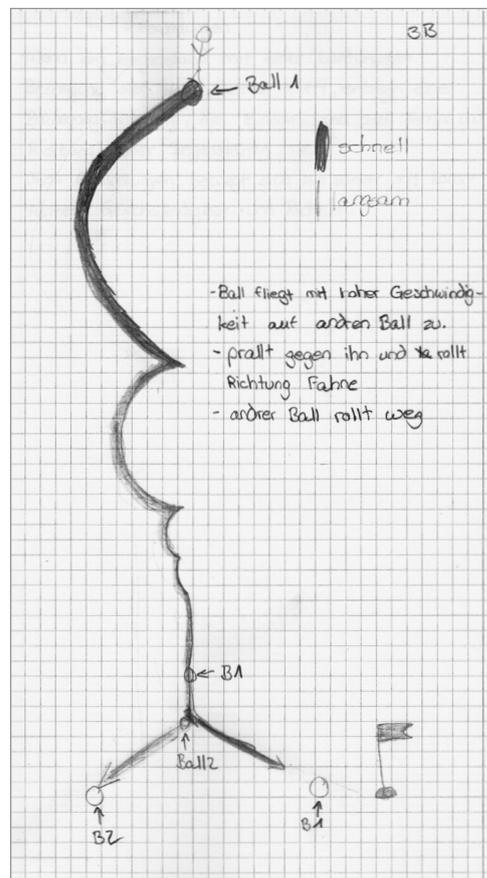
b) ... mit Pfeilen



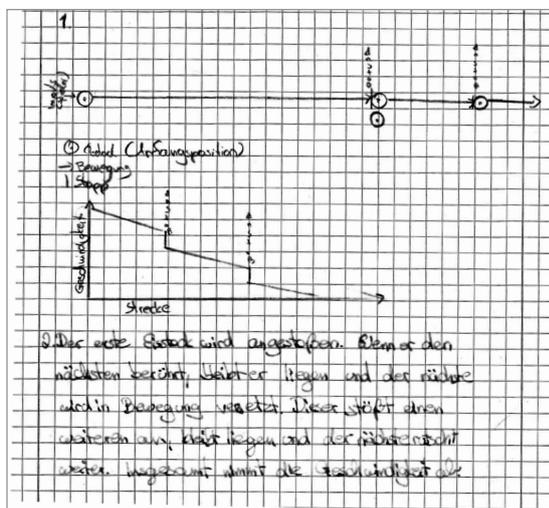
c) ... als Bahn



d) ... als Bahn mit Geschwindigkeitsangabe



e) ... als Diagramm



Da für diese Variante des Unterrichtsganges die Geschwindigkeit als charakteristische Größe herangezogen wird, geht es in den nächsten zwei Unterrichtsstunden um die **Geschwindigkeit als vektorielle Größe**.

Aus den Darstellungen der Schülerinnen und Schüler wird die Darstellung mit Pfeilen wieder aufgenommen und gezeigt, dass darauf jeweils versucht wurde, Geschwindigkeitsbetrag, die Richtung und den zeitlichen Verlauf einer Bewegung darzustellen.

Was sichtbar gemacht wurde:

- Richtung,
- Tempo und
- beides ändert sich mit der Zeit.

An dieser Stelle sollte der Geschwindigkeitsbegriff aus NaWi Themenfeld 3 und Physik Themenfeld 1 reaktiviert werden, da dort bereits Geschwindigkeiten bestimmt wurden.

Üblicherweise kann die Geschwindigkeit als Vektor (Pfeildarstellung mit Betrag und Richtung) sehr nah an den Schülerdarstellungen eingeführt werden. Die zeitliche Abfolge lässt sich mit aufeinanderfolgenden Bildern wie z. B. an Stroboskopbildern zeigen.

Im Anschluss folgen Übungen zur vektoriellen Darstellung durch Geschwindigkeitsvektoren ( $\vec{v}$ ).

Im nächsten Teil des Unterrichtsganges wird eine Unterrichtsstunde der Veränderung der **Bewegung durch** das Auftreten einer **Zusatzgeschwindigkeit** gewidmet.

Dabei kann z. B. das Abbremsen und Beschleunigen eines rollenden Labortisches als Veränderung der Geschwindigkeit ( $\Delta\vec{v}$ ) von den Lernenden unmittelbar erfahren werden.

An einem geeigneten Videoclip (z. B. Eckball) lässt sich der Moment der Bewegungsänderung gut demonstrieren. Den Geschwindigkeitsvektor zeichnen die Schülerinnen und Schüler vor und nach dem Stoß.

Die Lernenden interpretieren die Veränderung der Bewegung als ein Dazukommen einer Zusatzgeschwindigkeit ( $\Delta \vec{v}$ ) in Richtung des Stoßes und lernen, wie der resultierende Vektor durch Addition ( $\vec{v}_{\text{res}} = \vec{v}_0 + \Delta \vec{v}$ ) grafisch ermittelt werden kann. Diese grafische Vektoraddition sollte im Anschluss an verschiedenen Beispielen geübt werden.

|   |   |
|---|---|
| Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG1<br><b>Sequenz 1: Coole Mov(i)es: Bewegungen beschreiben</b>   |   |
| LE: <b>Einstieg</b> (1 Unterrichtsstunde)<br>Sichtung von Videoclips zur Bewegungsänderung und erste grafische Darstellung des Beobachteten   |   |
| <b>Kompetenz</b><br>Schülerinnen und Schüler ...<br>... beobachten Bewegungen genau.<br>... stellen Bewegungen grafisch dar.  | <b>Konzeptbezogenes Fachwissen</b><br>--  |
| <b>Lernprodukt</b><br>Skizzen zu Bewegungsänderungen  | <b>Differenzierung</b><br>Unterschiedlich schwierige Videoclips<br>(Sichtbarkeit, Umfang) |
| <b>Materialien und Literatur</b><br>Videos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Golfballkollision: Spieler schlägt seinen Golfball gegen den liegenden Ball eines Mitstreiters am anderen Loch: „Bizarre golf shot --Jose Maria Olazabal“, z. B. unter <a href="https://www.youtube.com/watch?v=e0VGZfzt3F4">https://www.youtube.com/watch?v=e0VGZfzt3F4</a></li> <li>• Doppelte Kollision von Eisstöcken: „Eisstockschießen“, z. B. unter <a href="https://youtu.be/upaZgMHHZmg">https://youtu.be/upaZgMHHZmg</a></li> <li>• Videos zu Billard aus dem Netz vorher zurecht schneiden</li> <li>• 100-m-Lauf: „Usain Bolt (9:58) - Der schnellste Mensch der Welt“, z. B. unter <a href="https://www.youtube.com/watch?v=8XcK7YUZt-Y">https://www.youtube.com/watch?v=8XcK7YUZt-Y</a></li> <li>• Verwandelter Eckball: „One-legged Soccer Player Scores Amazing Goal“, z. B. unter <a href="http://www.youtube.com/watch?v=k2FzJVAHtSI">www.youtube.com/watch?v=k2FzJVAHtSI</a></li> <li>• Zusammenrollen zweier Bälle: „inelastic collision“, z. B. unter <a href="https://www.youtube.com/watch?v=T1Amr1YSMpA">https://www.youtube.com/watch?v=T1Amr1YSMpA</a></li> </ul> |   |

Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG1  
**Sequenz 1: Coole Mov(i)es: Bewegungen beschreiben**

LE: **Geschwindigkeit als Vektor** (2 Unterrichtsstunden)

Reaktivieren des Geschwindigkeitsbegriffs aus NaWi

Einführung der Geschwindigkeit als Vektor-Pfeildarstellung mit Betrag und Richtung

Übungen zur vektoriellen Darstellung

**Kompetenz**

Schülerinnen und Schüler ...  
 ... dokumentieren Bewegungen durch Geschwindigkeitsvektoren.

**Konzeptbezogenes Fachwissen**

Die Geschwindigkeit eines Körpers ist charakterisiert durch Richtung und Betrag. (WW)

**Lernprodukt**

Pfeildarstellungen verschiedener Bewegungen durch Geschwindigkeitsvektoren

**Differenzierung**

Geeignete Auswahl der darzustellenden Bewegungen

**Materialien und Literatur**

Physik- ggf. Mathematikbücher

Lernvideos

HR\_Ph\_TF4\_UG1\_S1\_Bewegungen\_Merk

HR\_Ph\_TF4\_UG1\_S1\_Stroboskop\_AB

| Beschreibung von Bewegungen  | Merkbild |
|--|----------|
| <p>Dargestellt werden soll/kann</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Richtung</li> <li>- Tempo</li> <li>- Änderung von Richtung und/oder Tempo mit der Zeit</li> </ul> <p>Der Fachbegriff „Geschwindigkeit“ enthält Informationen über Tempo (Betrag) und Richtung, z. B. „Das Auto bewegt sich mit <math>v = 70\text{km/h}</math> Richtung Osten“.</p> <p><b>Darstellung mit Vektoren:</b><br/>                 Man nutzt die Darstellung als Pfeil (Vektor) <math>\vec{v}</math>:</p> <p>und hat eine andere Richtung als</p> <p>Man zeichnet die Vektorepfeile immer vom Mittelpunkt des Körpers aus.<br/>                 Mit Vektoren lassen sich Tempo und Richtung gut darstellen, aber keine Änderung. Dazu muss man mehrere Bilder nacheinander darstellen.</p> <p><b>Darstellung mit Diagrammen:</b><br/>                 In Diagrammen lässt sich der zeitliche Verlauf des Tempos gut darstellen, aber nicht die Richtung.</p> |          |

| Stroboskopbilder  | Arbeitsblatt |
|---|--------------|
| <p>Ein Stroboskopbild zeigt verschiedene Phasen einer Bewegung im gleichen Bild. Alle Teilbilder sind im gleichen Zeitabstand aufgenommen. Hier z. B. ein springender Ball mit 25 Bildern pro Sekunde.</p> <p>Auf den folgenden Zeichnungen sind verschiedene Bewegungen als Stroboskopbilder dargestellt.</p> <p>1. Zeichne in jedem Bild zu mindestens drei Situationen passende Impulsprofile ein.</p> <p>2. Beschreibe mit Worten, woran du erkennen kannst, ob das Auto schneller oder langsamer wird.</p> <p>3. Zeichne das Stroboskopbild für einen Ball, der eine schräge Bahn hinauffällt.</p> |              |

HR\_Ph\_TF4\_UG1\_S1\_Bewegungen\_und\_Vektoren\_AB

| Bewegungen und Vektoren1  | Arbeitsblatt |
|---|--------------|
| <p>Die Fachbegriffe Geschwindigkeit und Tempo im Straßenverkehr</p> <p>Die Pfeile auf dem Bild geben die momentane Geschwindigkeit der Autos an. Formuliere in der Gruppe Aussagen zu folgenden Fragestellungen und begründe sie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Autos fahren mit der gleichen Geschwindigkeit?</li> <li>• Welche Autos fahren mit dem gleichen Tempo?</li> <li>• Bei welchen Autos könnte es demnächst zu einem Unfall kommen?</li> <li>• Bei welchen Autos zeigt der Tacho gerade den gleichen Wert an?</li> </ul> |              |

| Bewegungen und Vektoren2   | Arbeitsblatt |
|--|--------------|
| <p>Die Fachbegriffe Tempo und Geschwindigkeit bei Fischen</p> <p>Bei eigenen Fischen des Schwarms gibt ein Pfeil die momentane Geschwindigkeit an.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Markiere mit rot drei Fische, die die gleiche Geschwindigkeit haben.</li> <li>• Markiere mit blau drei Fische, die zwar mit gleichem Tempo, aber mit verschiedener Geschwindigkeit schwimmen.</li> <li>• Markiere mit grün drei Fische, die in die gleiche Richtung schwimmen.</li> <li>• Begründe jeweils ohne Wahr!</li> </ul> |              |

Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG1  
**Sequenz 1: Coole Mov(i)es: Bewegungen beschreiben**

LE: **Veränderung der Bewegung durch Zusatzgeschwindigkeit** (1 Unterrichtsstunde)  
 Reaktivieren des Geschwindigkeitsbegriffs aus NaWi  
 Einführung der Geschwindigkeit als Vektor-Pfeildarstellung mit Betrag und Richtung  
 Übungen zur vektoriellen Darstellung

**Kompetenz**

Schülerinnen und Schüler ...  
 ... zeichnen Geschwindigkeitsvektor vor und nach dem Stoß.  
 ... interpretieren die Veränderung der Bewegung als ein Dazukommen einer Zusatzgeschwindigkeit ( $\Delta \vec{v}$ ) in Richtung des Stoßes.  
 ... lernen, wie bei der Vektoraddition ( $\vec{v}_E = \vec{v}_A + \Delta \vec{v}$ ) aus zwei gegebenen der dritte Vektor grafisch ermittelt werden kann.

**Konzeptbezogenes Fachwissen**

Die Geschwindigkeit eines Körpers ist charakterisiert durch Richtung und Betrag. (WW)  
 Die Wechselwirkung von Körpern miteinander bewirkt eine Änderung der Bewegungszustände. (WW)

**Lernprodukt**

Vektorzeichnungen

**Differenzierung**

Bewegungen in einer Richtung, entgegengesetzt, in unterschiedliche Richtungen, Hilfen anbieten

**Materialien und Literatur**

HR\_Ph\_TF4\_UG1\_S1\_Zusatzgeschwindigkeit\_AB

| Fußball/1  |  | Arbeitsblatt                             |
|--|--|--|
| Zeichnerische Bestimmung der Endgeschwindigkeit  |  |  |
| Beim Fußballspiel kicken die Spieler den herankommenden Ball, so dass er zu seiner Anfangsgeschwindigkeit $\vec{v}_A$ eine Zusatzgeschwindigkeit $\Delta \vec{v}$ erhält. Die Endgeschwindigkeit $\vec{v}_E$ ergibt sich durch Addition der Pfeile für $\vec{v}_A$ und $\Delta \vec{v}$ .  |  |  |
| vor dem Schuss   | Zusatzgeschwindigkeit durch den Schuss | zeichnerische Bestimmung von $\vec{v}_E$ |
|  |  |  |
| Auf den folgenden Bildern sind verschiedene Spielsituationen dargestellt. Ermittle jeweils grafisch die Endgeschwindigkeit des Balles und entscheide, ob der Ball das Tor trifft.  |  |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Situation A</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Situation B</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>Situation C</p> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div> |  |  |

| Fußball/2   |                 | Arbeitsblatt                                  |
|---|-----------------|---|
| Zeichnerische Bestimmung der Zusatzgeschwindigkeit  |                 |   |
| Wenn man die Anfangsgeschwindigkeit und die Endgeschwindigkeit des Balles kennt, so kann man daraus zeichnerisch die Zusatzgeschwindigkeit ermitteln, die der Ball beim Schuss erhalten hat.  |                 |   |
| vor dem Schuss  | nach dem Schuss | zeichnerische Bestimmung von $\Delta \vec{v}$ |
|   |                 |   |
| In den folgenden Bildern ist in drei Situationen der heranrollende Ball unmittelbar vor dem Schuss mit seiner Anfangsgeschwindigkeit vorgegeben. Zeichne einen Pfeil für die Endgeschwindigkeit, so dass der Ball in Richtung Tor rollt. Ermittle dann die Zusatzgeschwindigkeit, die der Ball durch den Schuss des Spielers erhalten muss. |                 |   |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Situation A</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Situation B</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Situation C</p> </div> </div>  |                 |   |
| Bereite dich darauf vor, deinen Mitschülern zu erklären, wie du vorgegangen bist.   |                 |   |

## Erläuterungen zu Sequenz 2 – Schieß ein Tor: Bewegungsänderungen untersuchen

Zum Einstieg in die Beschäftigung mit dem **Wechselwirkungs**aspekt der Bewegungen sollte etwa eine halbe Unterrichtsstunde aufgewendet werden. Hier bietet sich das erneute Betrachten der Videoclips vom Einstieg der ersten Sequenz an. Hieran lässt sich leicht die Suche nach Gemeinsamkeiten bei Bewegungsänderungen motivieren. Daran können aber auch bereits Hypothesen formuliert oder evtl. sogar schon das Wechselwirkungsprinzip erkannt werden, dass nämlich immer zwei Partner an der Bewegungsänderung beteiligt sind.

Den praktischen Teil dieser Unterrichtssequenz bilden die **Schülerversuche zur Wechselwirkung**. Dafür sollten etwa eineinhalb Unterrichtsstunden eingeplant werden. Bei der Bearbeitung der beiden Aufträge des zugehörigen Arbeitsblattes „Bewegungsänderung und Wechselwirkung“ sollten etwa folgende Beobachtungen festgehalten werden:

- Es ändern sich Betrag und/oder Richtung der Geschwindigkeit (bzw. des Impulses).
- Es gibt immer einen Partner.
- Beim Partner ändert sich auch Betrag und/oder Richtung der Geschwindigkeit.
- Je „schwerer“ (= träger) einer der beiden beteiligten Partner ist, desto weniger stark ändert sich sein Bewegungszustand.

In der folgenden Unterrichtsstunde kann sich die Beschäftigung mit den **Gesetzmäßigkeiten aus den Beobachtungen** anschließen. Da wäre zum einen das Wechselwirkungsgesetz (Reaktionsprinzip, Drittes Newtonsches Axiom):

- Die Änderung des Bewegungszustands setzt einen Wechselwirkungspartner voraus, auf den eine entgegengesetzte Wirkung erfolgt.

Für den Unterricht sollten geeignete Beispiele gesucht und besprochen werden, z. B. das Anrempeln beim Fußball oder Kollisionen bei Autos.

Das Gleiche gilt auch für die Gesetzmäßigkeit für die Rolle der Masse:

- Je größer seine Masse, desto schwerer lässt sich der Bewegungszustand eines Körpers ändern.

Hier kann z. B. die Wechselwirkung eines fallenden Apfels mit der schwereren Erde thematisiert werden.

An das Kennenlernen der Gesetzmäßigkeiten schließt sich ein **Überprüfen der Gesetze an verschiedenen Wechselwirkungen** an. Die Lernenden werden mit dem Problem konfrontiert, dass sie eine Bewegungsänderung auf verschiedene Art hervorrufen sollen. Je nach Lerngruppe kann man an dieser Stelle sowohl Ideen sammeln lassen, als auch Material bzw. Möglichkeiten vorgeben. Es eignen sich z. B. Stoß, magnetische Ablenkung oder Luftströme durch Fön bzw. Pusten. Nach dem Sammeln der Ideen schließen sich das Durchführen der Bewegungsversuche sowie deren Präsentation in einer lerngruppengerechten Organisationsform an. Erste Erkenntnis aus den verschiedenen Präsentationen sollte sein, dass eine Bewegungsänderung durch Berührung aber auch berührungslos erfolgen kann.

Bei allen Versuchen ist der Arbeitsauftrag an die Schülerinnen und Schüler, jeweils nach den Wechselwirkungspartnern zu suchen.

Alternativ oder zusätzlich lässt man sie eine Möglichkeit suchen, die Wirkung auf den jeweiligen Wechselwirkungspartner sichtbar zu machen. Wenn man beispielsweise einen Magneten festhält und eine magnetische Kugel in geeignetem Abstand vorbeirollen lässt, so kann man diese Wirkung nicht sehen. Legt man den Magneten jedoch auf runde Stifte oder Rollen und lässt die Kugel wie vorher vorbeirollen, so lässt sich die Wechselwirkung sehr wohl beobachten.

In der folgenden Phase dieser Sequenz, für die eine Unterrichtsstunde eingeplant werden sollte, geht es um die **Stärke und Dauer einer Wechselwirkung**. Dazu wird das zweite Arbeitsblatt „Schieß ein Tor“ bearbeitet, das Beobachtungen an unterschiedlich stark gestoßenen bzw. unterschiedlich lange durch Pusten abgelenkten Kugeln sowie die Darstellung der beobachteten Bewegungen mit Hilfe von Vektoren und mit Hilfe von je...desto-Sätzen vorsieht:

- Je stärker die Wechselwirkung, desto stärker ändert sich der Bewegungszustand.
- Je länger die Wechselwirkung anhält, desto stärker ändert sich der Bewegungszustand.

([http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt\\_materialien/mechanikkonzept/](http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/mechanikkonzept/))

Abschließend erfolgt in dieser Sequenz die Definition der Kraft als Stärke einer Wechselwirkung. Die dynamische Definition der Kraft ist ein entscheidender Aspekt im vierten Themenfeld. Zunächst werden in den bisher formulierten je...desto-Sätzen die Größen identifiziert, um im Anschluss daraus Zusammenhänge zu formulieren:

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Bewegungsänderung: | $\Delta v$ |
| Dauer der WW :     | $\Delta t$ |
| Stärke der WW :    | F          |
| Maß der Trägheit:  | m          |

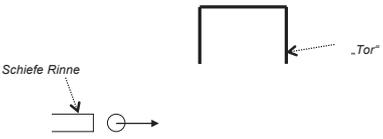
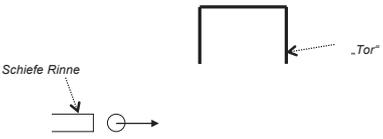
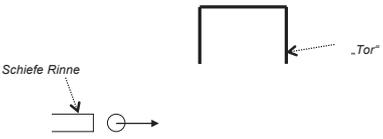
- Je „schwerer“ (= träger) einer der beiden beteiligten Partner ist, desto weniger ändert sich sein Bewegungszustand (Nutzen von  $m\Delta v = \text{konstant}$  bzw.  $m \sim 1/\Delta v$ ).
- Je stärker die Wechselwirkung, desto stärker ändert sich der Bewegungszustand (Nutzen von  $F/\Delta v = \text{konstant}$  bzw.  $F \sim \Delta v$ ).
- Je länger die Wechselwirkung anhält, desto stärker ändert sich der Bewegungszustand (Nutzen von  $\Delta v/\Delta t = \text{konstant}$  bzw.  $\Delta v \sim \Delta t$ ).

Aus den gefundenen und genutzten Zusammenhängen (ohne exakte experimentelle Prüfung) lässt sich auch der Zusammenhang  $F\Delta t = m\Delta v$  bzw.  $F = m\Delta v/\Delta t$  plausibel machen.

Hinweis:

An dieser Stelle sollen noch keine Rechnungen angestellt werden. Diese erfolgen erst bei der Kraftmessung.

Als mögliche Vertiefung können sich Übungen zum Zusammenhang  $F\Delta t = m\Delta v$  anschließen, wie z. B. die Untersuchung der Frage „Weshalb sind Rennwagen leicht gebaut?“ o. Ä.

| Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG1<br><b>Sequenz 2: Schieß ein Tor: Bewegungsänderungen untersuchen</b>  |   |   |                                      |              |   |  |  |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |
|---|---|---|--------------------------------------|--------------|---|--|--|---|--|--|--|--|--|------------------------------|--|--|
| LE: <b>Wechselwirkungs</b> aspekt der Bewegungen und Schülerversuche zur Wechselwirkung (2 Unterrichtsstunden)<br>Gemeinsamkeiten bei Bewegungsänderungen (Videoclips)<br>Formulieren von Vermutungen (in Richtung Wechselwirkungsprinzip)  |   |   |                                      |              |   |  |  |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |
| <b>Kompetenz</b><br>Schülerinnen und Schüler ...<br>... analysieren Bewegungen hinsichtlich ihrer Gemeinsamkeiten.<br>... experimentieren zu Bewegungsänderungen.<br>... formulieren Vermutungen.   | <b>Konzeptbezogenes Fachwissen</b><br>Die Geschwindigkeit eines Körpers ist charakterisiert durch Richtung und Betrag. (WW)<br>Die Wechselwirkung von Körpern miteinander bewirkt eine Änderung der Bewegungszustände. (WW) |   |                                      |              |   |  |  |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |
| <b>Lernprodukt</b><br>Versuchsprotokoll   | <b>Differenzierung</b><br>Hilfen anbieten   |   |                                      |              |   |  |  |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |
| <b>Materialien und Literatur</b><br>HR_Ph_TF4_UG1_S2_BewegungsänderungWW_AB   |   |   |                                      |              |   |  |  |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%; text-align: center;">  </th> <th style="width: 70%; text-align: center;">                     Bewegungsänderung und Wechselwirkung                 </th> <th style="width: 20%; text-align: center;">                     Arbeitsblatt                 </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center; padding: 10px;">  </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="padding: 10px;">                     Lenke eine rollende Kugel durch einen Stoß seitlich so ab, dass sie das Tor trifft.                 </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="padding: 10px;"> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Lenke die Kugel ins Tor, indem du eine andere Kugel von der Seite auf die vorbei rollende Kugel stoßen lässt!</li> <li>b. Tausche eine der Kugeln durch eine schwerere aus und wiederhole a. (lass die Geschwindigkeiten der Kugeln vor dem Zusammenstoß gleich)!</li> </ol> </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="padding: 10px;">                     Notiere deine Beobachtungen!                 </td> </tr> </tbody> </table> |   |  | Bewegungsänderung und Wechselwirkung | Arbeitsblatt |  |  |  | Lenke eine rollende Kugel durch einen Stoß seitlich so ab, dass sie das Tor trifft. |  |  | <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Lenke die Kugel ins Tor, indem du eine andere Kugel von der Seite auf die vorbei rollende Kugel stoßen lässt!</li> <li>b. Tausche eine der Kugeln durch eine schwerere aus und wiederhole a. (lass die Geschwindigkeiten der Kugeln vor dem Zusammenstoß gleich)!</li> </ol> |  |  | Notiere deine Beobachtungen! |  |  |
|    | Bewegungsänderung und Wechselwirkung  | Arbeitsblatt  |                                      |              |   |  |  |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |
|    |   |   |                                      |              |   |  |  |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |
| Lenke eine rollende Kugel durch einen Stoß seitlich so ab, dass sie das Tor trifft.   |   |   |                                      |              |   |  |  |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Lenke die Kugel ins Tor, indem du eine andere Kugel von der Seite auf die vorbei rollende Kugel stoßen lässt!</li> <li>b. Tausche eine der Kugeln durch eine schwerere aus und wiederhole a. (lass die Geschwindigkeiten der Kugeln vor dem Zusammenstoß gleich)!</li> </ol>  |   |   |                                      |              |   |  |  |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |
| Notiere deine Beobachtungen!  |   |   |                                      |              |   |  |  |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |

Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG1  
**Sequenz 2: Schieß ein Tor: Bewegungsänderungen untersuchen**

LE: **Gesetzmäßigkeiten bei Wechselwirkung** (2 Unterrichtsstunden)

Wechselwirkungsprinzip

Rolle der Masse

Überprüfen der Gesetzmäßigkeiten

**Kompetenz**

Schülerinnen und Schüler ...  
 ... formulieren Gesetzmäßigkeiten.  
 ... planen einfache Versuche zu verschiedenen Bewegungsänderungen und führen sie durch.  
 ... präsentieren Versuchsergebnisse.

**Konzeptbezogenes Fachwissen**

Die Geschwindigkeit eines Körpers ist charakterisiert durch Richtung und Betrag. (WW)  
 Die Wechselwirkung von Körpern miteinander bewirkt eine Änderung der Bewegungszustände. (WW)

**Lernprodukt**

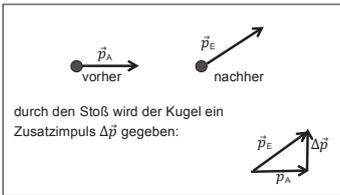
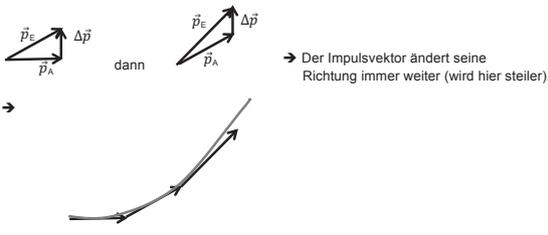
Versuchsprotokolle, Präsentationen, Plakate

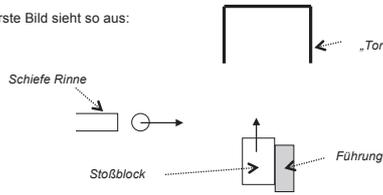
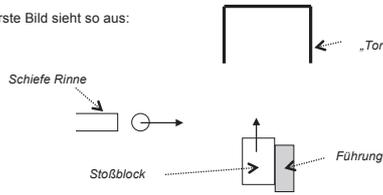
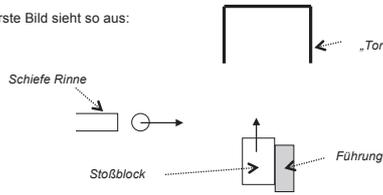
**Differenzierung**

Hilfen anbieten,  
 Material oder Auswahlmöglichkeiten vorgeben

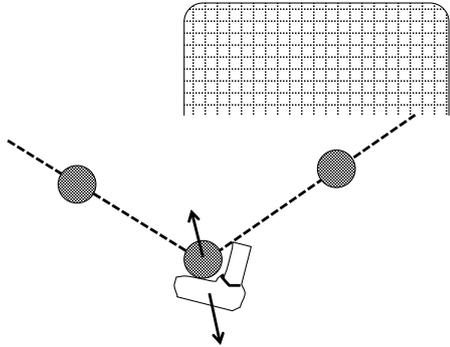
**Materialien und Literatur**

HR\_Ph\_TF4\_UG1\_S2\_GroessenBewegaenderung\_Merk

|   | Größen bei Bewegungsänderung | Merk |
|--|------------------------------|------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Je stärker man die rollende Kugel stößt, desto stärker wird die Kugel abgelenkt.</li> <li>▪ Je größer die Masse eines Körpers ist, desto weniger stark wird er abgelenkt.</li> <li>▪ Je größer die Geschwindigkeit eines Körpers ist, desto weniger stark ist die Ablenkung.</li> <li>▪ Je länger man pustet, desto stärker ist die Ablenkung.</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>durch den Stoß wird der Kugel ein Zusatzimpuls <math>\Delta \vec{p}</math> gegeben:</p> </div> <p>Beim längeren Pusten entsteht ein Bogen, weil es so ist, als würde man mehrfach stoßen.</p> <div style="text-align: center;">  <p>→ Der Impulsvektor ändert seine Richtung immer weiter (wird hier steiler).</p> </div> |                              |      |

| Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG1<br><b>Sequenz 2: Schieß ein Tor: Bewegungsänderungen untersuchen</b>  |   |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
|---|---|---|-----------------|--------------|---|--|--|--|--|--|------------------------------|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|--|--|
| <b>LE: Stärke und Dauer einer Wechselwirkung und dynamische Definition der Kraft</b><br>(2 Unterrichtsstunden)<br>Beobachtungen an Wechselwirkungen<br>Kraftbegriff<br>Zusammenhang der Größen einer WW ( $F\Delta t = m\Delta v$ bzw. $F = m\Delta v/\Delta t$ )   |   |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
| <b>Kompetenz</b><br>Schülerinnen und Schüler ...<br>... experimentieren zu Bewegungsänderungen.<br>... beobachten Bewegungsänderungen.<br>... stellen Bewegungsänderungen mit Vektoren dar.<br>... formulieren je...desto-Sätze.  | <b>Konzeptbezogenes Fachwissen</b><br>Die Geschwindigkeit eines Körpers ist charakterisiert durch Richtung und Betrag. (WW)<br>Die Wechselwirkung von Körpern miteinander bewirkt eine Änderung der Bewegungszustände. (WW) |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
| <b>Lernprodukt</b><br>Bewegungen mit Vektoren dargestellt<br>je...desto-Sätze   | <b>Differenzierung</b><br>Zeichnungen auswählen/zuordnen lassen,<br>Satzbausteine vorgeben, Lückentext  |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
| <b>Materialien und Literatur</b><br>HR_Ph_TF4_UG1_S2_Schiess_ein_Tor_AB<br><br>(Tipp: Vergleichbarkeit, höhere Trefferquote und Kontrolle durch schräg gestellte Stücke einer Aluminiumschiene (Baumarkt), auf deren Kanten die Kugel zielgerichtet rollt und wo man die Geschwindigkeit durch Losrollen aus gleicher Position normieren kann.)   |   |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30px; text-align: center;"></th> <th style="text-align: center;">Schieß ein Tor!</th> <th style="text-align: center;">Arbeitsblatt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">                     Lenke eine rollende Kugel durch einen Stoß seitlich so ab, dass sie ins Tor trifft:                 </td> </tr> <tr> <td colspan="3">                     a. Zeichne in einem Bild die Kugel vor, während und nach dem Stoß. Zeichne immer den Geschwindigkeitsvektor der Kugel ein und strichle den Weg, den die Kugel nimmt!                 </td> </tr> <tr> <td colspan="3">                     Das erste Bild sieht so aus:                 </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td colspan="3">                     b. Verändere nun die Stärke des Stoßes (lass die Kugel aber gleich schnell rollen) und zeichne nochmals die Kugel vor, während und nach dem Stoß mit Geschwindigkeit ein!                 </td> </tr> <tr> <td colspan="3">                     c. Verwende nun eine Kugel mit größerer Masse und stoße die Kugel gleich stark wie in b! Zeichne ein Bild mit den 3 Positionen der Kugel und den Vektoren!                 </td> </tr> <tr> <td colspan="3">                     d. Lenke die Kugel nun durch seitliches Pusten ins Tor. Puste einmal kurz, das nächste Mal länger! Zeichne jeweils den Weg der Kugel und notiere, was sich verändert!                 </td> </tr> <tr> <td colspan="3">                     e. Formuliere zu jedem Zusammenhang, den du erkennst, einen je...desto-Satz. Verwende die Begriffe „Stoßdauer“, „Stoßstärke“, „Geschwindigkeitsänderung“ und „Masse“!                 </td> </tr> </tbody> </table> |   |  | Schieß ein Tor! | Arbeitsblatt | Lenke eine rollende Kugel durch einen Stoß seitlich so ab, dass sie ins Tor trifft: |  |  | a. Zeichne in einem Bild die Kugel vor, während und nach dem Stoß. Zeichne immer den Geschwindigkeitsvektor der Kugel ein und strichle den Weg, den die Kugel nimmt! |  |  | Das erste Bild sieht so aus: |  |  |  |  |  | b. Verändere nun die Stärke des Stoßes (lass die Kugel aber gleich schnell rollen) und zeichne nochmals die Kugel vor, während und nach dem Stoß mit Geschwindigkeit ein! |  |  | c. Verwende nun eine Kugel mit größerer Masse und stoße die Kugel gleich stark wie in b! Zeichne ein Bild mit den 3 Positionen der Kugel und den Vektoren! |  |  | d. Lenke die Kugel nun durch seitliches Pusten ins Tor. Puste einmal kurz, das nächste Mal länger! Zeichne jeweils den Weg der Kugel und notiere, was sich verändert! |  |  | e. Formuliere zu jedem Zusammenhang, den du erkennst, einen je...desto-Satz. Verwende die Begriffe „Stoßdauer“, „Stoßstärke“, „Geschwindigkeitsänderung“ und „Masse“! |  |  |
|    | Schieß ein Tor!   | Arbeitsblatt  |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
| Lenke eine rollende Kugel durch einen Stoß seitlich so ab, dass sie ins Tor trifft:   |   |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
| a. Zeichne in einem Bild die Kugel vor, während und nach dem Stoß. Zeichne immer den Geschwindigkeitsvektor der Kugel ein und strichle den Weg, den die Kugel nimmt!  |   |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
| Das erste Bild sieht so aus:  |   |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
|   |   |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
| b. Verändere nun die Stärke des Stoßes (lass die Kugel aber gleich schnell rollen) und zeichne nochmals die Kugel vor, während und nach dem Stoß mit Geschwindigkeit ein!   |   |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
| c. Verwende nun eine Kugel mit größerer Masse und stoße die Kugel gleich stark wie in b! Zeichne ein Bild mit den 3 Positionen der Kugel und den Vektoren!  |   |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
| d. Lenke die Kugel nun durch seitliches Pusten ins Tor. Puste einmal kurz, das nächste Mal länger! Zeichne jeweils den Weg der Kugel und notiere, was sich verändert!   |   |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |
| e. Formuliere zu jedem Zusammenhang, den du erkennst, einen je...desto-Satz. Verwende die Begriffe „Stoßdauer“, „Stoßstärke“, „Geschwindigkeitsänderung“ und „Masse“!   |   |   |                 |              |   |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |   |  |  |

HR\_Ph\_TF4\_UG1\_S2\_Kraft\_und\_Bewegaenderung\_Merk

|  Kraft und Bewegungsänderung | Merk  |
|---|---|
|                              |   |
| <u>vor dem Stoß</u>   | <u>beim Stoß</u>  |
| Ball hat Geschwindigkeit $\vec{v}$ ,<br>es wirkt keine Kraft $F$ .  | Ball ändert seine<br>Geschwindigkeit ( $\vec{v} + \Delta\vec{v}$ ),<br><u>weil</u><br>eine Kraft $F$ wirkt (in<br>Richtung $\Delta\vec{v}$ ). |
| <u>nach dem Stoß</u>  |   |
| Ball hat neue<br>Geschwindigkeit $\vec{v}$ (Betrag<br>bzw. Richtung),<br>es wirkt keine Kraft $F$ mehr.       |   |

HR\_Ph\_TF4\_UG1\_S2\_Argumentation\_Formel\_AB

|  $F\Delta t = m\Delta v$ ? Im Alltag?  | Arbeitsblatt |
|---|--------------|
| <p>Mit Hilfe des Zusammenhangs <math>F\Delta t = m\Delta v</math> kannst du einige Dinge besser verstehen:</p> <p><i>z. B.: Muss der Torwart eine größere Kraft auf den Fußball ausüben, wenn er ihn faustet oder wenn er ihn fängt?</i></p> <p>Vorgehen zur Lösung:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Stell dir den Vorgang vor! Überlege dann: Über welche Größen ist eine Aussage gemacht? Welche sind gesucht? Welche unterscheiden sich im genannten Beispiel oder können variieren?</li> </ol> <p><i>Muss der Torwart eine größere Kraft <math>F</math> auf den Fußball ausüben, wenn er ihn faustet (Dauer <math>\Delta t</math> klein, Geschwindigkeitsänderung <math>\Delta v</math> groß) oder wenn er ihn fängt (Dauer <math>\Delta t</math> groß, Geschwindigkeitsänderung <math>\Delta v</math> klein)?</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Betrachte die Formel: Welchen Einfluss hat es auf die anderen Größen, wenn eine Größe größer oder kleiner wird? Argumentiere mathematisch über die Gleichheit der Produkte.</li> <li>Vergleiche dein Ergebnis mit deinen Erfahrungen oder dem was du darüber weißt oder denkst! Stimmt es überein?</li> </ol> <p>Weitere Fragestellungen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Warum sollte man beim Abgang vom Reck in die Knie gehen?</li> <li>Wie verringert die Knautschzone das Verletzungsrisiko der Insassen beim Autounfall?</li> <li>Warum werden Formel-1-Wagen möglichst leicht gebaut?</li> </ol> <p>Beantworte eine der Fragen so, dass du wie oben begründen kannst! Mach dir dazu Notizen, damit du anschließend den Anderen deine Überlegungen mitteilen kannst.</p> |              |

|  $F\Delta t = m\Delta v$ ? Im Alltag?   | Hilfe |
|--|-------|
| <p><b>Hilfe:</b></p> <p>Für den Fußball wäre die Argumentation etwa folgende:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Gefragt ist nach der Kraft <math>F</math>...                     <ul style="list-style-type: none"> <li>beim Fausten ist der Ballkontakt viel kürzer <math>\rightarrow \Delta t</math> ist sehr klein.</li> <li>die Geschwindigkeit ändert sich beim Fangen von maximal auf Null, beim Fausten sogar noch stärker, da der Ball zurückgestoßen wird <math>\rightarrow \Delta v</math> ändert sich beim Fausten stärker (erstelle eine Skizze mit den Vektoren vor/nach der Wechselwirkung).</li> <li>Die Masse <math>m</math> des Balls ändert sich nicht.</li> </ul> </li> <li>Kleineres <math>\Delta t</math> beim Fausten <math>\rightarrow</math> Kraft <math>F</math> muss größer sein, damit <math>F\Delta t = m\Delta v</math> gilt.<br/>Größeres <math>\Delta v</math> beim Fausten <math>\rightarrow</math> Kraft <math>F</math> wird größer, wenn <math>m\Delta v</math> zunimmt.<br/>Beide Effekte gehen in die gleiche Richtung <math>\rightarrow</math> Beim Fausten ist die Kraft größer.</li> <li>Fausten ist stärker spürbar an der Hand (tut mehr weh) <math>\rightarrow</math> Übereinstimmung.</li> </ol> |       |

ggf. Video: Hitting a Tennis Ball in Slow Motion (1200fps), z. B. unter <https://www.youtube.com/watch?v=xt6Ejcy1XfQ>

### Erläuterungen zu Sequenz 3 – Kraft im Fokus (vgl. didaktische Anmerkungen S. 13 ff.)

An die Definition der Kraft aus Sequenz 2 schließt sich zu Beginn von Sequenz 3 die **Darstellung von Kräften** an, wofür eine Unterrichtsstunde veranschlagt wird.

Der Kraftpfeil wird mit

- Länge = Betrag von  $F$
- Richtung
- Angriffspunkt (Wirkungspunkt)

eingeführt und zur Darstellung typischer Situationen bei Wechselwirkungen verwendet. Dabei sollten zur Festigung des Wechselwirkungsgesetzes zunächst immer die Wechselwirkungspaare mit den entsprechend entgegengesetzten Kraftpfeilen gezeichnet werden.

Es hat sich gezeigt, dass es Schülerinnen und Schülern helfen kann, Kraftpfeile von anderen Vektoren zu unterscheiden, indem farbige Festlegungen getroffen werden, wie z. B. „Kraftpfeile zeichnen wir immer rot“.

Wichtig ist es, im Unterricht deutlich zu machen, dass Kraft KEINE Eigenschaft eines Körpers ist. Kraft wirkt nur WÄHREND einer Wechselwirkung. An dieser Stelle bietet sich ein Eingehen auf Unterschiede zwischen der Fachsprache einerseits („Fähigkeit, eine große Kraft auszuüben“) und der Umgangssprache andererseits („Kraft haben“) an.

Die darauf folgende Stunde stellt qualitative Experimente zu **Reibung und Trägheit** in den Fokus.

Das Arbeitsblatt AB Reibung und Trägheit bietet dazu Anleitung:

Eine von einer schiefen Rinne aus jeweils gleicher Höhe losrollende Kugel (Ausgangsbedingungen kontrollieren) wird über verschiedene Untergründe ausrollen gelassen. Den Effekt, dass die Kugel vom Untergrund gebremst wird, nennt man in der Physik Reibung. Dabei wird deutlich:

- Je stärker die Reibung, desto schneller kommt die Kugel zum Stillstand.
- Da sich der Bewegungszustand der Kugel ändert, muss eine Wechselwirkung stattfinden.
- Der reibende Boden ist der WW-Partner (der i. A. durch die Befestigung an der Erde zu träge ist, um eine Wirkung zu erfahren).

Bei diesem Vorgang gibt der Körper Energie an den Untergrund ab: Der Körper wird langsamer, der Untergrund erwärmt sich. Eindrucksvoll lässt sich das mit dem Bild unter

<http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/physik/unterricht.html> (Reibung) zeigen.

Für reibungslose Bewegungen wird das erste Newtonsche Axiom – Trägheit – herangezogen: Ein Körper behält seinen Bewegungszustand bei, bis er eine Wechselwirkung eingeht.

Als nächstes werden **Kräfte im Gleichgewicht** in den Blick genommen. Dafür ist wieder eine Unterrichtsstunde vorgesehen. Hierzu werden am Beispiel eines Gewichtsstücks, das an einem Faden hängt ohne herab zu fallen, die Wechselwirkungen (WW1: Gewicht – Erde, WW2: Gewicht – Stativ (über Faden übermittelt)) identifiziert und die Bedingungen beschrieben. Wenn ein Körper gleichzeitig mehrere Wechselwirkungen erfährt, können diese sich gegenseitig ausgleichen. Anhand geeigneter Beispiele wird dies gezeigt und zunächst mit den jeweiligen Wechselwirkungspartnern gezeichnet. Hier ist es hilfreich, wenn verschiedene Wechselwirkungen auch in unterschiedlichen Farben dargestellt werden (siehe S. 19 f.). Kräftegleichgewicht bedeutet nicht automatisch, dass der Körper ruht. Auch beim Fallschirmspringer, der am Schirm nach unten schwebt, herrscht Kräftegleichgewicht.

Die folgende Stunde beinhaltet die **Messung von Kräften** (statisch). Wird der Faden aus dem Gleichgewichtsbeispiel durch eine Feder ersetzt, zeigt sich, dass die Feder sich umso weiter dehnt, je größer die an ihr ziehende Kraft ist (z. B. durch das Gewichtsstück). An dieser Stelle wird der Federkraftmesser vorgestellt und eingeführt. Das Newton wird als Einheit der Kraft kennengelernt (1 N).

Kern dieser Stunde bildet das Messen und Dokumentieren verschiedener Kräfte durch die Schülerinnen und Schüler mit geeigneten Federkraftmessern, wie z. B.:

- Gewichtskräfte von Mäppchen etc.,
- Zugkräfte zwischen zwei Fingern,
- maximale Kraft bis zur Ablösung eines angehefteten Klebestreifens bzw. Knetgummis,
- Kraft, die nötig ist, einen am Faden hängenden Magneten um einen bestimmten Winkel abzulenken und dort zu halten.

Nach den statischen Messungen erfolgt in der anschließenden Stunde die dynamische **Messung von Kräften**. Dazu wird eine Schülerin/ein Schüler unter Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte auf einem Skateboard sitzend mit einem Seil gleichmäßig beschleunigt. An einem festgelegten Punkt wird das Seil von der Schülerin/vom Schüler losgelassen und sie/er rollt mit zunächst nahezu konstanter Geschwindigkeit weiter.

Dazu werden gemessen:

- die Masse  $m$  der sitzenden Person mit Skateboard mittels einer Personenwaage,
- die Beschleunigungsdauer  $\Delta t$  mit Stoppuhren,
- die Endgeschwindigkeit  $v$  (entspricht der Geschwindigkeitsänderung aus der Ruhe  $\Delta v$ ) durch Messen der Zeit, in der eine festgelegte Messstrecke nach dem Loslassen des Seils durchrollt wird.

Berechnet wird:  $F = m\Delta v/\Delta t$  bzw.  $F = \Delta p/\Delta t$  mit  $\Delta p = m\Delta v$ .

Um die **Gewichtskraft** im Rahmen einer weiteren Unterrichtsstunde zu thematisieren, bietet es sich an, als Impuls einen Film bzw. zumindest Bilder von springenden Astronauten auf dem Mond zu zeigen. Dazu gibt man die Information, dass der Rucksack des Raumanzuges eine Masse von 85 kg hat. Die daraus resultierende Fragestellung könnte lauten: „Ist auf dem Mond alles leichter?“. Die Beantwortung dieser Frage soll im Verlauf der Stunde möglich werden.

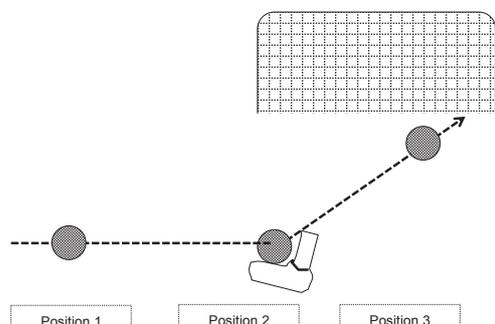
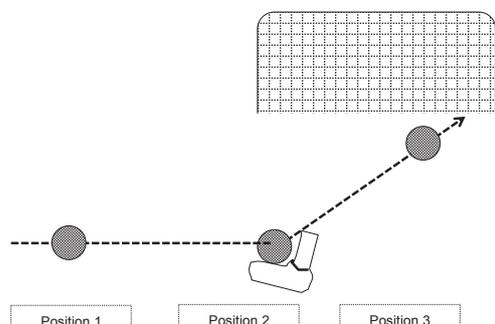
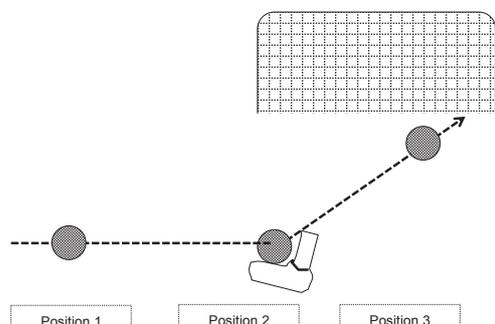
Dazu wird zunächst der Zusammenhang zwischen Gewichtskraft und Masse im Experiment ermittelt:

- Messung der Gewichtskraft verschiedener Massen,
- Auswertung: Verhältnis  $F/m$  ist konstant (evtl. Fehlerbetrachtungen, Statistik),
- Ortsfaktor  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .

Anschließend werden als Übung verschiedene Gewichtskräfte berechnet und verschiedene auftretende Kräfte durch entsprechende Gewichtskräfte von Massen verdeutlicht, z. B.:

- Beim Bremsen im Bus treten Kräfte von  $x \text{ N}$  auf.
- Das Festhalten entspricht dem Anheben welcher Masse?
- Beim Aufprall eines 50km/h schnellen Autos auf eine Mauer treten Kräfte von  $x \text{ N}$  auf.
- Das Abstützen am Lenkrad entspricht welcher zu hebenden Masse?

An dieser Stelle ist es auch möglich, eine Verbindung zu  $F = m\Delta v/\Delta t$  herzustellen, um die Kraftangabe beim auftreffenden Auto zu überprüfen. Zur Frage zurückkehrend, muss klar werden, dass die Gewichtskraft vom Ort abhängig ist, die Masse jedoch unverändert bleibt. Wenn der Astronaut einen Stein mit der Masse 5 kg als Fußball benutzen will und dagegen tritt, so tut das genauso weh wie auf der Erde.

| Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG1<br><b>Sequenz 3: Kraft im Fokus</b>  |   |   |   |              |  |  |  |   |  |  |
|--|---|---|---|--------------|--|--|--|---|--|--|
| LE: <b>Darstellung von Kräften</b> (1 Unterrichtsstunde)<br>Darstellung von Kräften bei Wechselwirkungen mit Hilfe von Kraftpfeilen<br>Sprachlicher Umgang mit dem Begriff „Kraft“   |   |   |   |              |  |  |  |   |  |  |
| <b>Kompetenz</b><br>Schülerinnen und Schüler ...<br>... dokumentieren Bewegungen durch geeignete Darstellungen (z. B. Diagramme, Vektoren).<br>... nutzen Kraftpfeilpaare zur Beschreibung von Wechselwirkungen.   | <b>Konzeptbezogenes Fachwissen</b><br>Die Kraft ist ein Maß für Stärke und Richtung einer Wechselwirkung. An jedem Wechselwirkungspartner misst man die gleiche Kraft, aber in entgegengesetzter Richtung. (WW)   |   |   |              |  |  |  |   |  |  |
| <b>Lernprodukt</b><br>Zeichnungen von Wechselwirkungen mit Kraftpfeilpaaren  | <b>Differenzierung</b><br>Bereitstellen von mehr Beispielen, ggf. mit Lösungen<br>Hilfen anbieten   |   |   |              |  |  |  |   |  |  |
| <b>Materialien und Literatur</b><br>HR_Ph_TF4_UG1_S3_Kraft_vor_waehrend_nach_WW_AB   |   |   |   |              |  |  |  |   |  |  |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Anmerkungen zum Arbeitsblatt:</p> <p>Zum Einstieg eignet sich ein Filmausschnitt eines entsprechenden Torschusses, den man z. B. bei YouTube finden kann.</p> <p>Es kann hilfreich sein, das Video im Moment des Tritts anzuhalten, um die Fragestellungen einzuleiten.</p> <p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es erfolgt eine Wiederholung und Sicherung der Zusammenhänge und Darstellungsformen mit Hilfe der Merksätze „Kraft ist die Stärke einer Wechselwirkung.“ und „Kraft bewirkt eine Bewegungsänderung.“ aus dem vorangegangenen Unterricht.</li> <li>- Kraft als Ursache für Bewegungsänderungen wird hier deutlich, das Fehlkonzept „Kraft ist Ursache für Bewegungen“ wird eher vermieden.</li> <li>- Im Anschluss können Bilder kurz vor und nach dem Tritt gezeichnet werden, bei denen eben gerade keine Kraft mehr vorhanden ist (ebenfalls Arbeit an Fehlkonzept) → Kraft ist nur während der Wechselwirkung wirksam und vorhanden.</li> </ul> </div> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%; text-align: center;">  </th> <th style="width: 70%; text-align: center;">                     Kraft vor, während und nach einer WW<br/>                     Kräfte beim Torschuss                 </th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Arbeitsblatt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="padding: 5px;">                     Ein seitlicher Ball wird in Richtung Tor getreten:                     <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div> </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="padding: 5px;"> <p>A. Zeichne in Position 2 die Kraftpfeile ein!</p> <p>B. Schreibe einen kurzen Text für die Lernkartei, in dem du erklärst, was die beiden Merksätze bedeuten:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Kraft ist die Stärke einer Wechselwirkung.</li> <li>ii. Kraft bewirkt eine Bewegungsänderung.</li> </ol> <p>C. Begründe mit den Sätzen aus B., weshalb in Position 1 und Position 3 keine Kräfte vorhanden sind.</p> <p>D. Vergleiche deine Ergebnisse mit denen deiner Nachbarin/deines Nachbarn. Nehmt jetzt auch das Heft zur Hilfe. Verbessert euch gegenseitig und formuliert eine gemeinsame Lösung.</p> </td> </tr> </tbody> </table> |  | Kraft vor, während und nach einer WW<br>Kräfte beim Torschuss | Arbeitsblatt | Ein seitlicher Ball wird in Richtung Tor getreten: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div> |  |  | <p>A. Zeichne in Position 2 die Kraftpfeile ein!</p> <p>B. Schreibe einen kurzen Text für die Lernkartei, in dem du erklärst, was die beiden Merksätze bedeuten:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Kraft ist die Stärke einer Wechselwirkung.</li> <li>ii. Kraft bewirkt eine Bewegungsänderung.</li> </ol> <p>C. Begründe mit den Sätzen aus B., weshalb in Position 1 und Position 3 keine Kräfte vorhanden sind.</p> <p>D. Vergleiche deine Ergebnisse mit denen deiner Nachbarin/deines Nachbarn. Nehmt jetzt auch das Heft zur Hilfe. Verbessert euch gegenseitig und formuliert eine gemeinsame Lösung.</p> |  |  |
|   | Kraft vor, während und nach einer WW<br>Kräfte beim Torschuss   | Arbeitsblatt  |   |              |  |  |  |   |  |  |
| Ein seitlicher Ball wird in Richtung Tor getreten: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>   |   |   |   |              |  |  |  |   |  |  |
| <p>A. Zeichne in Position 2 die Kraftpfeile ein!</p> <p>B. Schreibe einen kurzen Text für die Lernkartei, in dem du erklärst, was die beiden Merksätze bedeuten:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Kraft ist die Stärke einer Wechselwirkung.</li> <li>ii. Kraft bewirkt eine Bewegungsänderung.</li> </ol> <p>C. Begründe mit den Sätzen aus B., weshalb in Position 1 und Position 3 keine Kräfte vorhanden sind.</p> <p>D. Vergleiche deine Ergebnisse mit denen deiner Nachbarin/deines Nachbarn. Nehmt jetzt auch das Heft zur Hilfe. Verbessert euch gegenseitig und formuliert eine gemeinsame Lösung.</p>  |   |   |   |              |  |  |  |   |  |  |

Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG1  
**Sequenz 3: Kraft im Fokus**

**LE: Reibung und Trägheit sowie Kräfte im Gleichgewicht (2 Unterrichtsstunden)**

Qualitative Experimente zu Reibung und Trägheit

Auftreten mehrerer Wechselwirkungen und die möglichen Folgen für Körper

**Kompetenz**

Schülerinnen und Schüler ...

... planen einfache Experimente zur Untersuchung von Bewegungsänderungen, führen sie durch und dokumentieren deren Ergebnisse.

... nutzen Kraftpfeilpaare zur Beschreibung von Wechselwirkungen.

**Konzeptbezogenes Fachwissen**

Die Kraft ist ein Maß für Stärke und Richtung einer Wechselwirkung. An jedem Wechselwirkungspartner misst man die gleiche Kraft, aber in entgegengesetzter Richtung. (WW)

Körper im Kräftegleichgewicht ändern ihren Bewegungszustand nicht. (SY)

**Lernprodukt**

Versuchsprotokoll

Zeichnungen von Wechselwirkungen mit Kraftpfeilpaaren

**Differenzierung**

Stärkere Anleitung beim Experimentieren

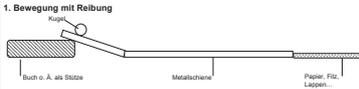
Festgelegter Farbeinsatz für Pfeile

Einfache/komplizierte WW-Situationen

**Materialien und Literatur**

HR\_Ph\_TF4\_UG1\_S3\_Reibung\_und\_Traegheit\_AB

HR\_Ph\_TF4\_UG1\_S3\_Kraeftegleichgewicht\_AB

| Y | Reibung und Trägheit<br>Bewegungen genau betrachtet  | Arbeitsblatt |
|---|--|--------------|
|   | <p>Bearbeite die folgenden Experimente und Aufgaben der Reihe nach.</p> <p><b>1. Bewegung mit Reibung</b></p>  <p>a. Lass eine leichte Kugel die schräg gelegte Metallschiene herunterrollen und vergleiche, wie weit sie auf verschiedenen Untergründen rollt (Tisch, Papier, Filz, Lappen, Schaumstoff...). Beschreibe den Gfrüß des Untergrundes.<br/>                     Tipp: Um die Ergebnisse vergleichen zu können, sollte die Kugel immer aus der gleichen Höhe losrollen.</p> <p>b. Versuche, die beobachteten Unterschiede zu begründen. Vergleiche deine Begründung mit der deiner Mitschülerinnen- und -schüler. Notiert eine gemeinsame Begründung.</p> <p>c. Durch die Reibung verlangsamt sich die Bewegung der Kugel, also muss eine Wechselwirkung am Werk sein, bei der Kräfte wirken. Benenne die Wechselwirkungspartner und zeichne in die folgende Skizze die Kraftpfeile für eine langsamer werdende Kugel ein:</p>  |              |
|   | <p><b>2. Bewegung ohne Reibung?</b></p> <p>Info: Reibung tritt bei Bewegungen immer auf, wenn der bewegte Körper in Kontakt mit anderen Materialien bzw. Stoffen auf (z. B. Luft, Boden).</p> <p>a. Diskutiere mit anderen, ob die Bewegung auf der Metallrinne in Experiment 1 reibungsfrei ist. Formuliere eine gemeinsame Aussage zu dieser Frage.</p> <p>b. Galileo Galilei (1564-1642) hat ein Gedankenexperiment gemacht. Dazu hat er eine Kugel beobachtet, die auf einer Rinne läuft und sich folgendes überlegt:</p> <p>i. „Bei fehlender Reibung erreicht eine auf einer Seite losgelassene Kugel auf der anderen Seite stets die gleiche Höhe“:</p>    |              |

ii. „Wenn man die andere Seite weniger steil macht, rollt die Kugel entsprechend weiter, um die Höhe zu erreichen“:



iii. „Wenn man nur auf einer Seite eine Schräge hat, muss eine auf der linken Schräge losgelassene Kugel auf der Geraden unendlich weit rollen“:



Fasse die Idee in eigenen Worten kurz zusammen. Diskutiere wieder mit Mitschülerinnen- und -schülern, inwiefern (und ob) das nur ein Gedankenexperiment sein kann. Formuliere eine gemeinsame Aussage zu dieser Frage.

**3. Trägheit**

Info: Wenn ein Körper sich ohne Reibung bewegt, behält er Richtung und Geschwindigkeit bei – und zwar für immer. Isaac Newton (1643-1727) formulierte das Trägheitsgesetz (auch „1. Newtonsches Gesetz“) so: „Jeder Körper verharrt in Ruhe oder in gleichförmiger Bewegung, solange keine Kräfte auf ihn einwirken.“

a. Übertrage diese Information in dein Heft und diskutiere mit deinen Mitschülern, weshalb diese Information für viele schwer zu glauben ist. Formuliere eine gemeinsame Aussage zu dieser Frage.

b. Diskutiere mit deinen Mitschülerinnen- und -schülern den Comic. Nimm Stellung zu den Aussagen und notiert eine gemeinsame Aussage.



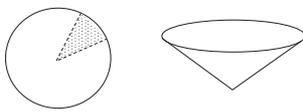
| Y | Wechselwirkungs- und Gleichgewichtskräfte<br>Bewegungen genau betrachtet | Arbeitsblatt |
|---|--|--------------|
|---|--|--------------|

**Bau eines „Fall-Trichters“**

Du brauchst:

- Blatt Papier
- Klebestift
- Schere

Zeichne auf das Blatt Papier einen möglichst großen Kreis und schneide ihn aus. Schneide aus dem kreisförmigen Papierblatt den gepunktet dargestellten Teil heraus und klebe das Blatt dann an den gestrichelten Linien zusammen, so dass du einen solchen Papiertrichter erstellst.



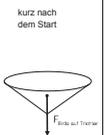

Lass den Trichter mit der Spitze nach unten aus möglichst großer Höhe fallen und beobachte die Fallbewegung genau. Du kannst auch die Masse variieren, indem du ein Cent-Stück in den Trichter hineinlegst.

Beschreibe die Bewegung und drehe ein Video von der Bewegung.

**Kräfte im Gleichgewicht**

Info: Wenn auf einen Körper mehrere Kräfte einwirken, die sich in ihrer Wirkung gegenseitig aufheben, so verharrt er in Ruhe oder in gleichförmiger Bewegung.

- a. Übertrage diese Information in dein Heft und diskutiere mit deinen Mitschülern, in welchen Situationen beim Experiment mit dem Papiertrichter ein Kräftegleichgewicht zu beobachten ist.
- b. Zur Begründung kann man folgende Wechselwirkungen heranziehen: Hand-Trichter, Luft-Trichter, Erde-Trichter. Zeichne in die Skizzen die jeweils noch fehlenden Kraftpfeile ein. Überlege dir eine Begründung für die Länge, mit der du die Pfeile zeichnest.

| vor dem Start   | kurz nach dem Start   | gleichmäßiger Flug  |
|---|---|---|
|  |  |  |
|  |  |  |

Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG1  
**Sequenz 3: Kraft im Fokus**

LE: **Messung von Kräften** sowie **Gewichtskraft** (3 Unterrichtsstunden)

Messung von Kräften – statisch und dynamisch  
 Zusammenhang zwischen Gewichtskraft und Masse

**Kompetenz**

Schülerinnen und Schüler ...  
 ... planen einfache Experimente zur Untersuchung von Bewegungsänderungen, führen sie durch und dokumentieren deren Ergebnisse.  
 ... wenden verschiedene Messverfahren (statisch, dynamisch) zur Bestimmung von Kräften an.

**Konzeptbezogenes Fachwissen**

Die Kraft ist ein Maß für Stärke und Richtung einer Wechselwirkung. An jedem Wechselwirkungspartner misst man die gleiche Kraft, aber in entgegengesetzter Richtung. (WW)  
 Körper im Kräftegleichgewicht ändern ihren Bewegungszustand nicht. (SY)  
 Die berührungslose WW von Körpern wird durch Felder (z. B. magnetische WW, Gravitation) vermittelt. (WW)

**Lernprodukt**

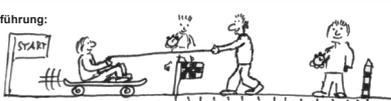
Versuchsprotokoll

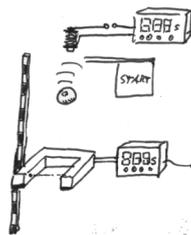
**Differenzierung**

Arbeit mit verschiedenen Analyseprogrammen  
 Mathematisierungsgrad

**Materialien und Literatur**

HR\_Ph\_TF4\_UG1\_S3\_dyn\_Kraftmessung\_Skateboard\_Exp  
 HR\_Ph\_TF4\_UG1\_S3\_dyn\_Kraftmessung\_Lichtschanke\_Exp

|   | Dynamische Kraftmessung mit Skateboard | Experiment |
|--|--|------------|
| <p><b>Materialien:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Skateboard (mit guten Rollen)</li> <li>- Personenwaage</li> <li>- Seil</li> <li>- Stoppuhren (evtl. in den Handys installiert)</li> <li>- Maßband</li> <li>- Kraftmesser (passend für größere Kräfte, etwa 20 N)</li> </ul>  |  |            |
| <p><b>Durchführung:</b></p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>Man bestimmt die Masse einer Schölerinnen bzw. eines Schölers mit Skateboard in der Hand → <b>m</b>.</li> <li>Man beschleunigt das Skateboard mit der darauf sitzenden Person über eine abgesteckte Strecke durch möglichst gleichmäßiges Ziehen mit Hilfe eines Seils (zur Kontrolle kann man zwischen Seil und Hand einen Kraftmesser „einbauen“), die Dauer der Beschleunigung wird gemessen → <b>Δt</b> (mehrere Schölerinnen bzw. Schöler messen lassen, Mittelwert bilden).</li> <li>Am Ende der Beschleunigungsstrecke lässt die beschleunigte Person das Seil los und rollt eine Messstrecke (2 m) weiter (Skateboards mit guten Rollen verlieren hier kaum an Geschwindigkeit), man misst die Zeit für diese Strecke und berechnet die Endgeschwindigkeit <math>v = 2</math> mit (auch hier mehrfach messen lassen, Mittelwert für <math>t</math>) → <b>v</b></li> </ol> |  |            |
| <p><b>Auswertung:</b></p> <p>Man berechnet <math>F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}</math>.</p> <p>Die Genauigkeit der Messung und die Rolle der Mittelwertbildung lassen sich thematisieren. Wenn ein Kraftmesser in das beschleunigende Seil integriert ist, kann F während der Beschleunigung abgelesen und dieser Wert mit dem errechneten verglichen werden.</p>   |  |            |
| <p><b>Alternativen:</b></p> <p>Auch ein Filmen der Beschleunigung und des Ausrollens mit anschließender Videoanalyse ist möglich. Hierfür eignet sich entweder ein Analyseprogramm oder man bestimmt die Zeiten an der Tafel mit VLC – dazu kann man Bild für Bild „vorspulen“ und an der Zeitleiste den dazugehörigen Wert ablesen.</p>   |  |            |

|    | Dynamische Kraftmessung mit Lichtschranke | Experiment |
|---|---|------------|
| <p><b>Materialien:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kugel mit Haltevorrichtung (magnetisch oder Klappe)</li> <li>- Lichtschranke</li> <li>- Maßband</li> <li>- Gerät zur elektronischen Zeitmessung (2 Kanäle)</li> </ul>   |   |            |
| <p><b>Durchführung:</b></p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>Beim Loslassen der Kugel wird die Zeitmessung 1 gestartet, beim Durchfallen der Lichtschranke gestoppt → <b>Beschleunigungsdauer Δt</b>.</li> <li>Mittels der Lichtschranke misst man die Verdunkelungszeit <math>t</math>. Mit Hilfe des Durchmessers der Kugel <math>d</math> bestimmt man über <math>v = d/t</math> die Geschwindigkeit der Kugel nach der Beschleunigungszeit → <b>Geschwindigkeitsänderung Δv</b>.</li> <li>Mit Hilfe einer Waage bestimmt man die Masse der Kugel → <b>Masse m</b>.</li> </ol> |   |            |
| <p><b>Auswertung:</b></p> <p>Man berechnet <math>F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}</math>.</p>  |   |            |

### 2.3 Unterrichtsgang „Sport und Bewegung“ – Variante UG2

| TF 4                                | Sequenz  | Fachlicher Schwerpunkt   | Tätigkeiten/Lernprodukte   |
|-------------------------------------|--|--|--|
| „Sport und Bewegung“ – Variante UG2 | S1:<br>Coole Mov(i)es:<br>Bewegungen beschreiben           | Darstellung von Bewegungen mittels Impulsvektor (4 Unterrichtsstunden)                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Beschreibung von Bewegungen in Videoclips (4 Clips, ein Auftrag – Ergebnisse zusammenstellen und vergleichen: Es wird immer versucht, Geschwindigkeitsbetrag, Geschwindigkeitsrichtung und zeitliche Änderung zu beschreiben</li> <li>↳ Impuls als „Wucht“ eines bewegten Körpers: Versuche mit Medizinball und Volleyball und Darstellung als Vektor, Abhängigkeit von <math>v</math> und <math>m</math> qualitativ aufzeigen und erfahren</li> <li>↳ Impuls als Vektor zur Beschreibung von Bewegungen: Übungen an Stroboskopbildern (Vektor und Bildfolgen als übliche Darstellungsform)</li> <li>↳ (Zusatz für Stärkere) Der Zusatzimpuls: Beschreibung von Bewegungsänderungen (grafische vektorielle Addition, evtl. Bezug zu den Clips zu Beginn)</li> </ul> |
|                                     | S2:<br>Impulse geben:<br>Wechselwirkung als Impulsänderung | Beschreiben von Wechselwirkungen, Kraft als Stärke der Wechselwirkung (5 Unterrichtsstunden) | <ul style="list-style-type: none"> <li>✳️ Gemeinsamkeiten bei Bewegungen: Betrachten der Clips vom Anfang und Experimente (AB Wechselwirkung)</li> <li>✳️ Aufstellen und Überprüfen von Gesetzmäßigkeiten an Beispielen (WW-Prinzip und Rolle der Masse an Experimenten präsentieren)</li> <li>✳️ Impulse verändern und Aufwand (= Kraft) spüren (z. B. Labortisch anschieben): Zusammenhang <math>F = \Delta p / \Delta t</math>: Die nötige Kraft ist umso größer, je größer die Impulsänderung oder je kleiner die WW-Dauer. Kraft als Stärke der WW</li> <li>✳️ Anwendungen zu Impulsänderungen (AB Argumentationen auf <math>F = \Delta p / \Delta t</math>)</li> <li>✳️ Zusatz für stärkere Gruppen: quantitative Experimente zur Impulserhaltung</li> </ul>   |
|                                     | S3:<br>Kraft im Fokus                                      | Messung von Kräften und Anwendung auf verschiedene Beispiele (6-8 Unterrichtsstunden)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>↯ Darstellung von Kräften als Vektor (didakt. Hinweis: andere Farbe als bei Impulsvektor verwenden!), Anwendung: Kraft vor, während und nach einer WW (AB Kraft_vor_waehrend_nach_WW)</li> <li>↯ Reibung und Trägheit erarbeiten (AB)</li> <li>↯ Kräftegleichgewicht (siehe didaktische Anmerkungen, AB Kräftegleichgewicht)</li> <li>↯ Messung von Kräften: statisch mittels Federkraftmesser an verschiedenen Beispielen und Präsentation (Anknüpfen an Gleichgewicht zur Beschreibung, evtl. mit Skizze - Kraftpfeile einzeichnen lassen)</li> <li>↯ Messung von Kräften: dynamisch (AB Skateboard oder AB Lichtschranke)</li> <li>↯ Gewichtskraft und Masse, Ortsfaktor</li> </ul>  |

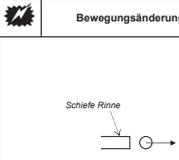
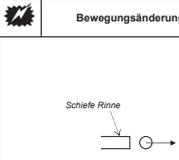
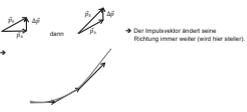
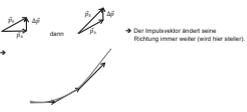
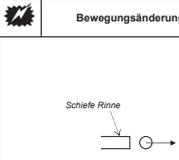
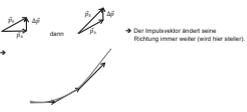
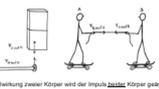
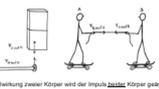
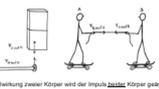
Die zweite Variante zum Unterrichtsgang „Sport und Bewegung“ nutzt die Darstellung der Bewegungen über den Impulsvektor. Wechselwirkungen werden über die Übertragung von Impuls beschrieben. Da dieser Gang dem aus Variante 1 sehr ähnlich ist, wird hier nur ein kurzer Überblick über den möglichen Unterrichtsverlauf mit Verweis auf das zugehörige Material gegeben.

**Unterrichtsverlauf Sequenz 1 – Coole Mov(i)es**

| Lerneinheit                            | Inhalt/Aktivität  | Material  |
|--|---|---|
| <p>Einstieg<br/>(1 Std.)</p>           | <p>Sichtung von Videoclips zur Bewegungsänderung und erste grafische Darstellung des Beobachteten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Golfballkollision: Spieler schlägt seinen Golfball gegen den liegenden Ball eines Mitstreiters am anderen Loch: „Bizarre golf shot --Jose Maria Olazabal“, z. B. unter <a href="https://www.youtube.com/watch?v=e0VGZfzt3F4">https://www.youtube.com/watch?v=e0VGZfzt3F4</a></li> <li>• Doppelte Kollision von Eisstöcken: „Eisstockschießen“, z. B. unter <a href="https://youtu.be/upaZgMHHZmg">https://youtu.be/upaZgMHHZmg</a></li> <li>• Videos zu Billard aus dem Netz vorher zurecht schneiden</li> <li>• 100-m-Lauf: „Usain Bolt (9:58) - Der schnellste Mensch der Welt“, z. B. unter <a href="https://www.youtube.com/watch?v=8XcK7YUZt-Y">https://www.youtube.com/watch?v=8XcK7YUZt-Y</a></li> <li>• Verwandelter Eckball: „One-legged Soccer Player Scores Amazing Goal“, z. B. unter <a href="http://www.youtube.com/watch?v=k2FzJVAHtSI">www.youtube.com/watch?v=k2FzJVAHtSI</a></li> <li>• Zusammenrollen zweier Bälle: „inelastic collision“, z. B. unter <a href="https://www.youtube.com/watch?v=T1Amr1YSMpA">https://www.youtube.com/watch?v=T1Amr1YSMpA</a></li> </ul> | <p>Videos: siehe Inhaltsspalte</p>  |
| <p>Impuls als Schwung<br/>(1 Std.)</p> | <p>Einführung des Impulses als Grundgröße zur Beschreibung von Bewegungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sammlung von Alltagsbeispielen zum Begriff „Schwung (haben)“</li> <li>• Demo-Experiment mit Person („Blindversuch“): Luftkissen-Fußball (auf Experimentiertisch) wird von Person ohne hinzusehen angehalten → Wir haben ein Gefühl für Schwung. → physikalisch: Impuls</li> </ul> <p>Bewegung eines geworfenen Volleyballs mit der eines Medizinballs vergleichen → Wahrnehmen einer größeren „Wucht“ bzw. eines größeren „Schwungs“ (Geschwindigkeitsbegriff aus NaWi TF 3 und Physik TF 1 reaktivieren)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variante a) Gleiche Geschwindigkeit bei beiden Bällen: → beim Fangen wird eine größere „Wucht“ des bewegten Medizinballs wahrgenommen (hat mehr „Schwung“), da er eine größere Masse hat</li> </ul>   | <p>HR_Ph_TF4_UG2_S1_Impuls_Exp</p>  <p><b>Aufbau:</b><br/>Untersucht mit dem geeigneten Aufbau den Impuls verschiedener bewegter Kugeln. Finde es heraus, wovon abhängt, wie viel Impuls ein Körper hat. Formuliert „Je...desto...“-Sätze.</p> <p><b>Präsentiert die Erkenntnisse jeweils mit dem dazugehörigen Experiment als „Beispiel“ – WICHTIG: Welche Größen werden konstant gelassen, welche im Experiment untersucht?</b></p> <p><b>Hausaufgabe:</b><br/>Vergleiche den Impuls eines kleinen PKW (1200kg), der auf der Autobahn 120 <math>\frac{km}{h}</math> fährt mit dem Impuls eines 40-LKW, der mit 50 <math>\frac{km}{h}</math> unterwegs ist.</p> <p><b>Hinweise:</b><br/>• Es reicht zunächst, die Geschwindigkeit abzuschätzen und zu vergleichen.<br/>• Der Massebegriff wird im Verlauf der Reihe von der Geschwindigkeit abgegrenzt.</p> |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Variante b) Volleyball mit verschiedener Geschwindigkeit werfen:<br/>→ beim Fangen wird eine größere „Wucht“ des schnelleren Volleyballs wahrgenommen, da er eine größere Geschwindigkeit hat</li> </ul> <p>Der Impuls ist eine Größe, die die Bewegung charakterisiert. Er hängt ab von Masse und Geschwindigkeit: <math>p = mv</math>. Ein Körper hat umso mehr Impuls, je größer seine Masse und je größer seine Geschwindigkeit ist.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Impuls quantitativ bestimmen</li> </ul>  | <p>HR_Ph_TF4_UG2_S1_Impuls_Merk</p> <p><b>Impuls</b> = Masse · Geschwindigkeit<br/> <math>\vec{p} = m \cdot \vec{v}</math></p> <p><b>Beispiel:</b> rollender Tennisball      Schüler auf Fahrrad<br/>     gesucht: <math>p</math> in kg <math>\frac{m}{s}</math>      <math>p</math> in kg <math>\frac{m}{s}</math><br/>     gegeben: <math>m = 58g = 0,058kg</math>      <math>m = 65kg</math><br/> <math>v = 0,8 \frac{m}{s}</math>      <math>v = 21 \frac{km}{h} = 7,5 \frac{m}{s}</math><br/>     Lösung: <math>p = m \cdot v</math>      <math>p = m \cdot v</math><br/> <math>p = 0,058kg \cdot 0,8 \frac{m}{s}</math>      <math>p = 65kg \cdot 7,5 \frac{m}{s}</math><br/> <math>p = 0,0464kg \cdot \frac{m}{s}</math>      <math>p = 487,5 kg \cdot \frac{m}{s}</math><br/>     Antwort: Der Fahrradfahrer hat ungefähr 10 000 mal mehr Impuls als der rollende Tennisball.</p>   |
| <p>Impuls als Vektor (2 Std.)</p>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Darstellung mit Pfeilen vom Einstieg aufgreifen<br/>→ Impulsbetrag, Richtung und zeitlicher Verlauf einer Bewegung wurden sinngemäß dargestellt</li> <li>Impuls als Vektor (Pfeildarstellung mit Betrag und Richtung) sehr nah an Schülerdarstellungen einführbar</li> <li>Zeitliche Abfolge mit aufeinanderfolgenden Bildern wie z. B. Stroboskopbildern zeigen</li> <li>Übungen zur vektoriellen Darstellung durch Impulsvektoren (<math>\vec{p}</math>)</li> </ul>  | <p>HR_Ph_TF4_UG2_S1_Impuls_Merk</p> <p><b>Darstellung mit Vektoren:</b><br/>     Man nutzt die Darstellung als Pfeil (Vektor) <math>\vec{p}</math>.<br/>     Man zeichnet die Vektorpfeile immer vom Mittelpunkt des Körpers aus. Die Länge des Pfeiles gibt dabei Auskunft über den Betrag des Impulses, die Richtung des Pfeiles entspricht der Richtung des Impulses.</p> <p>HR_Ph_TF4_UG2_S1_Stroboskop_AB</p> <p>Ein Stroboskopbild zeigt verschiedene Phasen einer Bewegung in gleichen Zeitabständen aufeinanderfolgend. Hier z. B. ein springender Ball mit 25 Bildern pro Sekunde.</p> <p>Auf den folgenden Zeichnungen sind verschiedene Bewegungen als Stroboskopbilder dargestellt.</p> <p>1. Zeichne in jedem Bild zu mindestens drei Situationen passende Geschwindigkeitsvektoren ein.</p> <p>2. Beschreibe mit Worten, was du erkennen kannst, ob das Auto schneller oder langsamer wird.</p> <p>3. Zeichne das Stroboskopbild für einen Ball, der eine schräge Bahn hinauffällt.</p> |
| <p>Veränderung der Bewegung durch Zusatzimpuls (1 Std.)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>An geeignetem Videoclip (z. B. Eckball im Fußball) Moment der Bewegungsänderung darstellen → Schülerinnen und Schüler zeichnen Impulsvektor vor UND nach dem Stoß</li> <li>Veränderung als Dazukommen eines Zusatzimpulses <math>\Delta\vec{p}</math> in Richtung des Stoßes interpretieren</li> <li>Aus bekannten Vektoren und der Kenntnis der Addition <math>\vec{p}_{res} = \vec{p}_0 + \Delta\vec{p}</math> fehlende Vektoren grafisch ermitteln</li> <li>Veränderung des Impulses <math>\Delta\vec{p}</math> z. B. Abbremsen und Beschleunigen eines rollenden Labortisches</li> <li>Fakultativ: Üben der grafischen Vektoraddition</li> </ul> | <p>HR_Ph_TF4_UG2_S1_Zusatzimpuls_AB</p> <p><b>Fußball!</b><br/>     Zeichnerische Bestimmung des resultierenden Impulses</p> <p>Beim Fußballspiel können die Spieler den herankommenden Ball, so dass er zu seinem Anfangsimpuls <math>\vec{p}_0</math> einen Zusatzimpuls <math>\Delta\vec{p}</math> erhält. Der resultierende Impuls <math>\vec{p}_{res}</math> ergibt sich durch Addition der Pfeile für <math>\vec{p}_0</math> und <math>\Delta\vec{p}</math>.</p> <p>vor dem Stoß      Zusatzimpuls durch den Stoß      resultierende Bestimmung von <math>\vec{p}_{res}</math></p> <p>Auf den folgenden Bildern sind verschiedene Spielersituationen dargestellt. Ermittle jeweils grafisch den resultierenden Impuls des Balles und erkläre, ob der Ball das Tor ins.</p> <p>Situation A      Situation B      Situation C</p>   |

Unterrichtsverlauf Sequenz 2 – Wechselwirkung als Impulsänderung

| Lerneinheit  | Inhalt/Aktivität   | Material  |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
|--|--|---|------------------|--|---|--|--|---|---|------|--|--|---|--|--|--|---|--|
| <p>Siehe Variante UG1 S. 32/33 (4 Std.)</p>  | <p>Die ersten Unterrichtsstunden (Wechselwirkungsaspekt, Schülerversuche zur Wechselwirkung, Gesetzmäßigkeiten aus den Beobachtungen, Überprüfen der Gesetze an verschiedenen Wechselwirkungen) entsprechen denen aus der zweiten Sequenz von Variante UG1. (vgl. S. 32/33)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Bewegungsänderung und Wechselwirkung</th> <th style="width: 40%;">Arbeitsblatt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">  <p>Schiefe Rinne</p> <p style="text-align: right;">„Tor“</p> </td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>Lenke eine rollende Kugel durch einen Stoß seitlich so ab, dass sie das Tor trifft.</p> <p>a. Lenke die Kugel ins Tor, indem du eine andere Kugel von der Seite auf die vorbei rollende Kugel stoßen lässt!</p> <p>b. Tausche eine der Kugeln durch eine schwerere aus und wiederhole a. (lass die Geschwindigkeiten der Kugeln vor dem Zusammenstoß gleich!)</p> <p>Notiere deine Beobachtungen!</p> </td> </tr> </tbody> </table> </div> <p style="text-align: center;">HR_Ph_TF4_UG2_S2_BewegungsänderungWW_AB</p> | Bewegungsänderung und Wechselwirkung  | Arbeitsblatt     |  <p>Schiefe Rinne</p> <p style="text-align: right;">„Tor“</p> |   | <p>Lenke eine rollende Kugel durch einen Stoß seitlich so ab, dass sie das Tor trifft.</p> <p>a. Lenke die Kugel ins Tor, indem du eine andere Kugel von der Seite auf die vorbei rollende Kugel stoßen lässt!</p> <p>b. Tausche eine der Kugeln durch eine schwerere aus und wiederhole a. (lass die Geschwindigkeiten der Kugeln vor dem Zusammenstoß gleich!)</p> <p>Notiere deine Beobachtungen!</p> |  | <p>(vgl. S. 32/33)<br/>HR_Ph_TF4_UG2_S2_GroessenBewegungsänderung_Merk</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;">Größen bei Bewegungsänderung</th> <th style="width: 20%;">Mark</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>Je stärker man die rollende Kugel stößt, desto stärker wird die Kugel abgelenkt!</li> <li>Je größer die Masse eines Körpers ist, desto weniger stark wird er abgelenkt.</li> <li>Je größer die Geschwindigkeit eines Körpers ist, desto weniger stark ist die Ablenkung.</li> <li>Je länger man pusht, desto stärker ist die Ablenkung.</li> </ul> </td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>Beim längeren Pushen entsteht ein Bogen, weil es so ist, als würde man mehrfach stoßen.</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">  </td> </tr> </tbody> </table> </div> | Größen bei Bewegungsänderung  | Mark | <ul style="list-style-type: none"> <li>Je stärker man die rollende Kugel stößt, desto stärker wird die Kugel abgelenkt!</li> <li>Je größer die Masse eines Körpers ist, desto weniger stark wird er abgelenkt.</li> <li>Je größer die Geschwindigkeit eines Körpers ist, desto weniger stark ist die Ablenkung.</li> <li>Je länger man pusht, desto stärker ist die Ablenkung.</li> </ul>  |  |  |  | <p>Beim längeren Pushen entsteht ein Bogen, weil es so ist, als würde man mehrfach stoßen.</p> |  |  |  |
| Bewegungsänderung und Wechselwirkung   | Arbeitsblatt   |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
|  <p>Schiefe Rinne</p> <p style="text-align: right;">„Tor“</p>   |  |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
| <p>Lenke eine rollende Kugel durch einen Stoß seitlich so ab, dass sie das Tor trifft.</p> <p>a. Lenke die Kugel ins Tor, indem du eine andere Kugel von der Seite auf die vorbei rollende Kugel stoßen lässt!</p> <p>b. Tausche eine der Kugeln durch eine schwerere aus und wiederhole a. (lass die Geschwindigkeiten der Kugeln vor dem Zusammenstoß gleich!)</p> <p>Notiere deine Beobachtungen!</p>   |  |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
| Größen bei Bewegungsänderung   | Mark   |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Je stärker man die rollende Kugel stößt, desto stärker wird die Kugel abgelenkt!</li> <li>Je größer die Masse eines Körpers ist, desto weniger stark wird er abgelenkt.</li> <li>Je größer die Geschwindigkeit eines Körpers ist, desto weniger stark ist die Ablenkung.</li> <li>Je länger man pusht, desto stärker ist die Ablenkung.</li> </ul>  |  |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
|   |  |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
| <p>Beim längeren Pushen entsteht ein Bogen, weil es so ist, als würde man mehrfach stoßen.</p>   |  |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
|   |  |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
| <p>Dynamische Definition der Kraft mittels Impuls (1 Std.)</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Arbeitsauftrag für beliebige WW z. B. Stoß eines bewegten mit einem ruhenden Ball/Wagen (Freihandversuche): Beschreibe die Wechselwirkung, indem du für jeden Ball/Wagen angibst, wie viel Impuls er vor bzw. nach der Berührung besitzt.</li> <li>Impulsübertragung bei WW: Bei WW wird immer ein Teil des Impulses von einem auf den anderen beteiligten Körper übertragen. Beim einen nimmt der Impuls um <math>\Delta p</math> zu, beim anderen nimmt er um <math>\Delta p</math> ab.</li> <li>Vom übertragenen Impuls zur Kraft.</li> </ul>  | <p>HR_Ph_TF4_UG2_S2_Impuls_und_Kraft_AB</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;">Impuls und Kraft</th> <th style="width: 20%;">Info</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"> <p>Um zu erfahren, wie Impuls und Kraft zusammenhängen, kannst du folgende Experimente machen:</p> <p>1. Gehe einen Labortisch auf Rollen zweimal den gleichen Impuls!</p> <p>a) Langsam<br/>b) Schnell</p> <p>Welchen Unterschied spürst du? Beschreibe!</p> <p>2. Alternative oder Zusatz:</p> <p>Benutze einen jeweils gleich schnell ankommenden Medizinball ab!</p> <p>a) Langsam<br/>b) Schnell</p> <p>Welchen Unterschied spürst du? Beschreibe!</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>→ Je länger die Zeit, in der die Impulsübertragung erfolgt, desto größer ist die Kraft.</p> <p>Die Kraft ist ein Maß für die Richtung und die Stärke einer Wechselwirkung. Sie kann durch Pulse dargestellt werden, die an beiden Wechselwirkungspartnern anfragen.</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>Bei einer Wechselwirkung zweier Körper wird der Impuls <b>beider</b> Körper geändert (Betrag und/oder Richtung der Geschwindigkeit). Dabei gilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Je stärker die Wechselwirkung ist, desto stärker ist die Impulsänderung.</li> <li>Je länger die Wechselwirkung dauert, desto stärker ist die Impulsänderung (z. B. eine Kugel leicht oder stark anstoßen; einen Wagen anstoßen oder länger Zeit einwirken).</li> <li>Je größer die Masse des Körpers ist, desto geringer ist seine Impulsänderung (z. B. Erde stoßt eine Kugel an → große Geschwindigkeitsänderung der Kugel wegen ihrer kleinen Masse; Kugel stoßt auch Erde an → kleine Geschwindigkeitsänderung wegen großer Masse der Erde).</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table> </div> | Impuls und Kraft | Info   | <p>Um zu erfahren, wie Impuls und Kraft zusammenhängen, kannst du folgende Experimente machen:</p> <p>1. Gehe einen Labortisch auf Rollen zweimal den gleichen Impuls!</p> <p>a) Langsam<br/>b) Schnell</p> <p>Welchen Unterschied spürst du? Beschreibe!</p> <p>2. Alternative oder Zusatz:</p> <p>Benutze einen jeweils gleich schnell ankommenden Medizinball ab!</p> <p>a) Langsam<br/>b) Schnell</p> <p>Welchen Unterschied spürst du? Beschreibe!</p> |  | <p>→ Je länger die Zeit, in der die Impulsübertragung erfolgt, desto größer ist die Kraft.</p> <p>Die Kraft ist ein Maß für die Richtung und die Stärke einer Wechselwirkung. Sie kann durch Pulse dargestellt werden, die an beiden Wechselwirkungspartnern anfragen.</p> |   |  |      | <p>Bei einer Wechselwirkung zweier Körper wird der Impuls <b>beider</b> Körper geändert (Betrag und/oder Richtung der Geschwindigkeit). Dabei gilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Je stärker die Wechselwirkung ist, desto stärker ist die Impulsänderung.</li> <li>Je länger die Wechselwirkung dauert, desto stärker ist die Impulsänderung (z. B. eine Kugel leicht oder stark anstoßen; einen Wagen anstoßen oder länger Zeit einwirken).</li> <li>Je größer die Masse des Körpers ist, desto geringer ist seine Impulsänderung (z. B. Erde stoßt eine Kugel an → große Geschwindigkeitsänderung der Kugel wegen ihrer kleinen Masse; Kugel stoßt auch Erde an → kleine Geschwindigkeitsänderung wegen großer Masse der Erde).</li> </ul> |  |   |  |  |  |   |  |
| Impuls und Kraft   | Info   |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
| <p>Um zu erfahren, wie Impuls und Kraft zusammenhängen, kannst du folgende Experimente machen:</p> <p>1. Gehe einen Labortisch auf Rollen zweimal den gleichen Impuls!</p> <p>a) Langsam<br/>b) Schnell</p> <p>Welchen Unterschied spürst du? Beschreibe!</p> <p>2. Alternative oder Zusatz:</p> <p>Benutze einen jeweils gleich schnell ankommenden Medizinball ab!</p> <p>a) Langsam<br/>b) Schnell</p> <p>Welchen Unterschied spürst du? Beschreibe!</p>  |  |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
| <p>→ Je länger die Zeit, in der die Impulsübertragung erfolgt, desto größer ist die Kraft.</p> <p>Die Kraft ist ein Maß für die Richtung und die Stärke einer Wechselwirkung. Sie kann durch Pulse dargestellt werden, die an beiden Wechselwirkungspartnern anfragen.</p>   |  |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
|   |  |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |
| <p>Bei einer Wechselwirkung zweier Körper wird der Impuls <b>beider</b> Körper geändert (Betrag und/oder Richtung der Geschwindigkeit). Dabei gilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Je stärker die Wechselwirkung ist, desto stärker ist die Impulsänderung.</li> <li>Je länger die Wechselwirkung dauert, desto stärker ist die Impulsänderung (z. B. eine Kugel leicht oder stark anstoßen; einen Wagen anstoßen oder länger Zeit einwirken).</li> <li>Je größer die Masse des Körpers ist, desto geringer ist seine Impulsänderung (z. B. Erde stoßt eine Kugel an → große Geschwindigkeitsänderung der Kugel wegen ihrer kleinen Masse; Kugel stoßt auch Erde an → kleine Geschwindigkeitsänderung wegen großer Masse der Erde).</li> </ul> |  |   |                  |  |   |  |  |   |   |      |  |  |   |  |  |  |   |  |

Unterrichtsverlauf Sequenz 3 – Kraft im Fokus

Die dritte Sequenz wird analog zur Variante 1 unterrichtet (vgl. S. 36-40) und umfasst ebenfalls die Bereiche

- Darstellung von Kräften,
- Reibung und Trägheit,
- Kräfte im Gleichgewicht,
- Messung von Kräften (statisch),
- dynamische Messung von Kräften sowie
- Gewichtskraft.

## 2.4 Unterrichtsgang „Sport und Bewegung“ – Variante UG3

| TF 4                                | Sequenz   | Fachlicher Schwerpunkt  | Tätigkeiten/Lernprodukte   |
|-------------------------------------|---|---|--|
| „Sport und Bewegung“ – Variante UG3 | S1:<br>Felix Baumgartner - eine sportliche Herausforderung? | Beschreibung der Bewegungen in Worten und im Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm (5 Unterrichtsstunden)                | <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ Baumgartners Sprung aus 38969 m Höhe</li> <li>↪ Der physikalische Geschwindigkeitsbegriff</li> <li>↪ Der Sprung im Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm</li> <li>↪ Papiertaschentuchfallschirm</li> </ul>   |
|                                     | S2:<br>Schieß ein Tor                                       | Beschreiben von Wechselwirkungen, Kraft als Stärke der Wechselwirkung (5 Unterrichtsstunden)                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>⚡ Aufstellen und Überprüfen von Gesetzmäßigkeiten an Beispielen (WW-Prinzip und Rolle der Masse an Experimenten präsentieren)</li> <li>⚡ Experimente (AB Schieß ein Tor, angepasst ohne v-Vektoren) und Zusammenhänge zwischen Größen bei Wechselwirkung, <math>F\Delta t = m\Delta v</math>: Kraft als Stärke der WW</li> <li>⚡ Anwendungen zu <math>F\Delta t = m\Delta v</math> (AB Argumentationen)</li> </ul>  |
|                                     | S3:<br>Der Ursache auf der Spur                             | Messung von Kräften und Anwendung auf verschiedene Beispiele, Ursache für die Fallbewegung (4 Unterrichtsstunden) | <ul style="list-style-type: none"> <li>† Baumgartners Sprung und Skateboard - WW im Vergleich</li> <li>† Darstellung von Kräften als Vektor (didakt. Hinweis: andere Farbe als bei Geschwindigkeitsvektor verwenden!), Anwendung: Kraft vor, während und nach einer WW (AB Kraft_vor_waehrend_nach_WW)</li> <li>† Reibung und Trägheit erarbeiten (AB)</li> <li>† Kräftegleichgewicht (vgl. didaktische Anmerkungen, AB Kräftegleichgewicht)</li> <li>† Messung von Kräften: statisch mittels Federkraftmesser an verschiedenen Beispielen und Präsentation (Anknüpfen an Gleichgewicht zur Beschreibung, evtl. mit Skizze - Kraftpfeile einzeichnen lassen)</li> <li>† Messung von Kräften: dynamisch (AB Skateboard)</li> <li>† Gewichtskraft und Masse, Ortsfaktor</li> </ul> |

Die vorliegende Variante 3 zum Unterrichtsgang „Sport und Bewegung“ verwendet als Darstellungsform Diagramme, um einen anderen Zugang zu Bewegungen zu bekommen. Da die Wechselwirkungen über  $F\Delta t = m\Delta v$  beschrieben werden, bietet sich gleichzeitig die Möglichkeit, Teile aus UG1 und UG2 zu nutzen.

Erläuterungen zu Sequenz 1 – Felix Baumgartner – eine sportliche Herausforderung?

| Lerneinheit/Stunde  | Kompetenz Schülerinnen und Schüler...   | Konzeptbezogenes Fachwissen   | Lernprodukt, Differenzierung Material  |
|---|---|---|--|
| <p><b>Baumgartners Sprung aus der Stratosphäre</b><br/>Stunde 1</p>           | <p>... beschreiben die Bewegung in Worten.<br/>... berechnen die Durchschnittsgeschwindigkeit.<br/>... vergleichen diese mit der angegebenen Höchstgeschwindigkeit und der Schallgeschwindigkeit.<br/>... diskutieren, warum jemand solch ein Experiment macht.</p> | <p>Baumgartners Durchschnittsgeschwindigkeit ist geringer als die angegebene Höchstgeschwindigkeit und als die Schallgeschwindigkeit (vgl. TF 1). Der Durchschnittswert steht im Widerspruch zur erklärten Durchbrechung der Schallmauer.</p> | <p>Hefteintrag;<br/>Artikel für Schülerzeitung<br/>Film von Red Bull<br/><a href="http://www.redbullstratos.com/">http://www.redbullstratos.com/</a><br/>(Achtung: Filmsprache Englisch)</p> |
| <p><b>Der physikalische Begriff Geschwindigkeit</b><br/>Stunde 2</p>          | <p>... schließen aus dem Landeplatz auf Vektoreigenschaft der Geschwindigkeit.<br/>... geben Beispiele zum vektoriellen Charakter der Geschwindigkeit an.</p>   | <p>Die Geschwindigkeit eines Körpers ist charakterisiert durch Richtung und Betrag.</p>   | <p>Arbeitsblatt HR_Ph_TF4_UC3_S1_Fischschwärm_AB<br/>Ergänzung des Hefteintrags aus Stunde 1 bzgl. Landeplatz</p>  |
| <p><b>Der Sprung im t-v-Diagramm</b><br/>Stunde 3</p>                         | <p>... stellen die Fallbewegung im t-v-Diagramm dar oder interpretieren und ergänzen ein vorgegebenes Diagramm oder ordnen begründend zu.</p>   | <p>Am t-v-Diagramm kann man Höchstgeschwindigkeit, Fallzeit, Zeit bis zum Ziehen der Reißleine ablesen, aber auch Geschwindigkeitsänderungen.</p>   | <p>Differenzierte Arbeitsblätter/Differenzierte Arbeitsaufträge<br/>HR_Ph_TF4_UC3_S1_BaumgartnerSprung_AB</p>  |
| <p><b>Arbeiten mit t-v-Diagrammen von anderen Bewegungen</b><br/>Stunde 4</p> | <p>... interpretieren verschiedene t-v-Diagramme.<br/>... arbeiten mit dem Multiple-Choice-Verfahren.</p>   | <p>--</p>   | <p>Arbeitsblatt<br/>HR_Ph_TF4_UC3_S1_tvDiagramme_Ueb</p>   |
| <p><b>Experiment Papiertaschentuchfallschirm</b><br/>Stunde 5</p>             | <p>... bauen einen Papiertaschentuchfallschirm.<br/>... beobachten die Fallbewegung und beschreiben die Fallbewegung.</p>   | <p>Papiertaschentuchfallschirm fliegt nach dem Start irgendwann mit konstanter Geschwindigkeit - wie Baumgartner nach Ziehen der Reißleine.</p>   | <p>Papiertaschentuchfallschirm<br/>HR_Ph_TF4_UC3_S1_Fallschirm_Exp<br/>evtl. Filmsequenz</p>   |

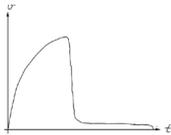
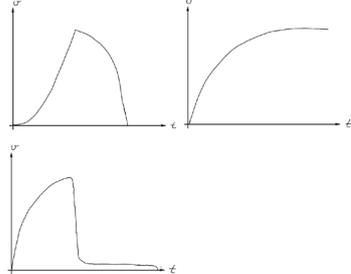
Ausgehend von Felix Baumgartners Sprung aus der Stratosphäre kann man mit Hilfe eines Videos und der Absprunghöhe und der Fallzeit:

- die Bewegung in Worten beschreiben,
- die Durchschnittsgeschwindigkeit berechnen, ([http://de.wikipedia.org/wiki/Red\\_Bull\\_Stratos](http://de.wikipedia.org/wiki/Red_Bull_Stratos), <http://www.redbullstratos.com/>)  
Absprunghöhe 38969 m, Absprungzeit: 12:07 Uhr Ortszeit, Landezeit: 12:16 Uhr Ortszeit  
Bei der Berechnung der Durchschnittsgeschwindigkeit kann man eventuell auf bereits in NaWi erworbenes Wissen zurückgreifen. Die Berechnung ist aber auch ohne Vorkenntnisse leicht einzusehen. Der von den Schülerinnen und Schülern berechnete Wert von 50 m/s (aus  $v = 38969 \text{ m} : 780 \text{ s} = 50 \text{ m/s}$ ) stimmt leider nicht mit der Veröffentlichung überein. Der offizielle Wert liegt bei  $v = 1357,6 \text{ km/h} = 377,1111... \text{ m/s}$  und ist damit wesentlich größer!  
Der Vergleich mit der verbalen Beschreibung macht sehr deutlich, was Durchschnittsgeschwindigkeit, Momentangeschwindigkeit und Höchstgeschwindigkeit bedeuten. Die genauere Betrachtung der jeweiligen Momentangeschwindigkeit führt automatisch zu einem t-v-Diagramm, das die Schülerinnen und Schüler beispielsweise aus der reinen Beobachtung skizzieren könnten und dann mit dem tatsächlichen vergleichen könnten. Alternativ kann man das Diagramm auch ohne Einheiten vorgeben und wichtige Daten und Momente der Sprungbewegung einzeichnen lassen. Natürlich kann man auch verschiedene skizzierte Diagramme vorgeben und begründend zuordnen lassen. Methodisch ergeben sich hier verschiedene Differenzierungsmöglichkeiten.

Übrigens:

Der freie Fall dauerte nur 4 min 20 s, dann öffnete Baumgartner nämlich in 1585 m den Fallschirm.

### HR\_Ph\_TF4\_UG3\_S1\_BaumgartnerSprung\_AB

| Baumgartners Sprung<br>im Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm<br>Arbeitsblatt<br>(Stufe A)   | Baumgartners Sprung<br>im Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm<br>Arbeitsblatt<br>(Stufe B)   | Baumgartners Sprung<br>im Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm<br>Arbeitsblatt<br>(Stufe C)                                   |
|---|---|---|
| <p>Das vorliegende t-v-Diagramm beschreibt skizzenhaft Baumgartners Sprung.</p>  <p>Ergänze an diesem Diagramm wesentliche Daten zum Sprung aus der folgenden Auswahl:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Absprunghöhe: 38969 m</li> <li>Fallzeit: 780 Sekunden</li> <li>Durchschnittsgeschwindigkeit: 50 m/s</li> <li>Höchstgeschwindigkeit: 377 m/s</li> <li>freier Fall dauert 4 min 20 s</li> <li>Reißleine wird nach 1585 m gezogen.</li> </ul> | <p>a) Begründe welches der drei Diagramme Baumgartners Sprung darstellen könnte.</p>  <p>b) Ergänze an deinem ausgewählten Diagramm wesentliche Daten zum Sprung aus der folgenden Auswahl:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Absprunghöhe 38969 m</li> <li>Fallzeit 780 Sekunden</li> <li>Durchschnittsgeschwindigkeit 50 m/s</li> <li>Höchstgeschwindigkeit 377 m/s</li> <li>freier Fall dauert 4 min 20 s</li> <li>Reißleine wird nach 1585 m gezogen.</li> </ul> | <p>Zeichne ein Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm zu Baumgartners Sprung unter Berücksichtigung der wesentlichen Daten.</p> |

- die Geschwindigkeit als Vektor betrachten →  $v$  als Vektor bestimmt Landeplatz, Ergänzend kann man hier das Fischeschwarmblatt einsetzen. Der vektorielle Charakter der Geschwindigkeit kann bei den Schülerinnen und Schülern zeitsparend und leicht verständlich gefestigt werden die **Bewegung im Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm** dargestellt werden.

HR\_Ph\_TF4\_UG3\_S1\_tvDiagramme\_Ueb

| t-v-Diagramme  |  | Übungen |
|--|--|---------|
| <p><b>Info:</b> Bewegungen werden häufig in Diagrammen dargestellt. Aus den Diagrammen kann man dann z. B. ablesen, welche Geschwindigkeit ein Auto nach welcher Zeit hat. Beim t-v-Diagramm ist auf der Rechtsachse die vergangene Zeit und auf der Hochachse die Geschwindigkeit aufgetragen.</p> <p>Wenn sich die Geschwindigkeit nicht ändert, bleibt sie auch im Diagramm immer gleich (hier 10 Minuten lang 50 km/h). Man spricht von einer gleichförmigen Bewegung.</p>   |  |         |
| <p>Wenn sich die Geschwindigkeit ändert, spricht der Physiker von Beschleunigung. Hier beschleunigt ein Körper innerhalb von 8 Sekunden von 3m/s auf 5m/s. Man nennt dies eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung.</p>   |  |         |
| <p><b>Aufgabe 1:</b> Das folgende Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm zeigt die Bewegung eines Körpers. Kreuze die wahren Aussagen an.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Der Körper steht still.</li> <li><input type="checkbox"/> Der Körper bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit.</li> <li><input type="checkbox"/> Die Durchschnittsgeschwindigkeit in den ersten 8 Sekunden ist 5 m/s.</li> <li><input type="checkbox"/> Die Geschwindigkeit des Körpers ist in den ersten 8 Sekunden stets 5 m/s.</li> <li><input type="checkbox"/> Der Körper kommt in den ersten 8 Sekunden 8 m voran.</li> <li><input type="checkbox"/> Der Körper kommt in den 8 Sekunden 40 m voran.</li> </ul> |  |         |

**Aufgabe 2:** Das folgende Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm zeigt die Bewegung eines Körpers während 8 Sekunden. Kreuze die wahren Aussagen an.

- Der Körper besitzt eine konstante Geschwindigkeit von 3 m/s.
- Der Körper bewegt sich mit der Durchschnittsgeschwindigkeit von 3 m/s.
- Die Geschwindigkeit des Körpers nimmt zu.
- Der Körper bewegt sich rückwärts.
- Der Geschwindigkeit des Körpers bleibt stets gleich.
- Der Geschwindigkeit des Körpers nimmt ab.

**Aufgabe 3:** Das folgende Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm zeigt die Bewegung eines Körpers während 6 Sekunden. Kreuze die wahren Aussagen an.

- Der Körper bewegt sich immer rückwärts.
- Der Körper bewegt sich erst vorwärts, dann rückwärts.
- Der Körper bewegt sich immer vorwärts.
- Der Körper besitzt eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 4m/s.
- Der Körper hat eine Maximalgeschwindigkeit von 2m/s.
- Der Körper besitzt eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 2m/s.

**Aufgabe 4:** Das folgende Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm zeigt die Bewegung eines Körpers während 8 Sekunden. Kreuze die wahren Aussagen an.

- Der Körper bewegt sich zunächst rückwärts dann vorwärts.
- Der Körper bewegt sich nie rückwärts.
- Der Körper hat zunächst negative, dann positive Beschleunigung.
- Der Körper ist nach 8 Sekunden wieder am Ausgangspunkt.

**Aufgabe 5:** Das folgende t-v-Diagramm verdeutlicht die Bewegung zweier Körper A und B auf der gleichen Strecke. Kreuze die wahren Aussagen an!

- Körper A und B fahren in entgegengesetzte Richtung.
- Körper A und B fahren in die gleiche Richtung.
- Körper A überholt B nach 3 Sekunden.
- A wird immer schneller, B wird immer langsamer.
- Körper B überholt A nach 3 Sekunden.
- Nach 4,5s fahren beide gleich schnell.
- Nach 3 Sekunden fahren A und B gleich schnell.
- Körper B kommt nach 6s zum Stillstand.

HR\_Ph\_TF4\_UG3\_S1  
\_Fischeschwarm\_AB

| Fischeschwarm   |  | Arbeitsblatt |
|---|--|--------------|
| <p>Die Fachbegriffe Tempo und Geschwindigkeit</p>   |  |              |
| <p>Bei einigen Fischen des Schwarms gibt ein Pfeil die momentane Geschwindigkeit an.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Markiere mit rot drei Fische, die die gleiche Geschwindigkeit haben.</li> <li>• Markiere mit blau drei Fische, die zwar mit gleichem Tempo, aber mit verschiedener Geschwindigkeit schwimmen.</li> <li>• Markiere mit grün drei Fische, die in die gleiche Richtung schwimmen.</li> <li>• Begründe jeweils deine Wahl!</li> </ul> |  |              |

- diskutieren, warum jemand so was Gefährliches macht, → Geld? Adrenalinjunkie? naturwissenschaftliches Interesse?...
- das Experiment „Papiertaschentuchfallschirm“ als Vertiefung durchführen, → Papiertaschentuchfallschirm bauen, fallen lassen und Durchschnittsgeschwindigkeit bestimmen, v-t-Diagramm zuordnen unter Verwendung einer Stroboskopaufnahme oder eines Films (HR\_Ph\_TF4\_UG3\_S1\_Fallschirm\_Exp).

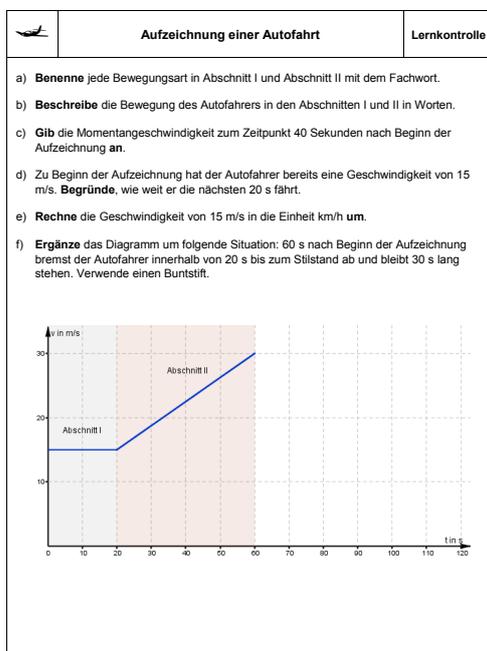
| Bau eines Taschentuchfallschirms   |  | Experiment |
|--|--|------------|
| <p><b>Material:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Papiertaschentuch</li> <li>• 4 Büroklammer</li> <li>• 2 gleichlange Schnüre (je ca. 50 cm)</li> <li>• Wäscheklammer</li> </ul> <p>Nimm das Papiertaschentuch und befestige die beiden gleichlangen Schnüre mit Hilfe von vier Büroklammer an den Ecken des Taschentuches. Hänge in die Mitte der Schnüre die Wäscheklammer.</p> |  |            |
| <p>Untersuche die Fallbewegung des Papiertaschentuchfallschirms. Variiere die Masse, indem du Münzen oder Gewichtsstücke anhängst.</p> <p>Beschreibe die Bewegung und drehe die Bewegung als Video.</p>  |  |            |

- die Durchschnittsgeschwindigkeit mit anderen vergleichen → z. B. Schallgeschwindigkeit in Luft bei 20 °C: 343 m/s  
<http://www.planet-schule.de/warum/fliegen/themenseiten/t8/s2.html>.  
Hier kann man übrigens die spannende Frage behandeln, ob Baumgartner die Schallmauer durchbrach.

Die bisher aufgezählten Punkte bieten Ansätze, die man ausgehend vom Sprung für den Unterricht nutzen kann. Wie intensiv man auf die einzelnen Aspekte eingeht oder ob man z. B. das Fallschirm-Experiment aus Zeitgründen weglassen will, bleibt der Lehrkraft überlassen und ermöglicht jedem einen enorm flexiblen Zeitansatz für Sequenz 1. Das Arbeiten mit t-v-Diagrammen kann schließlich unter Differenzierungsaspekten auf verschiedenen Niveaustufen oder auch zur Überprüfung als Abschlusstest angefügt werden.

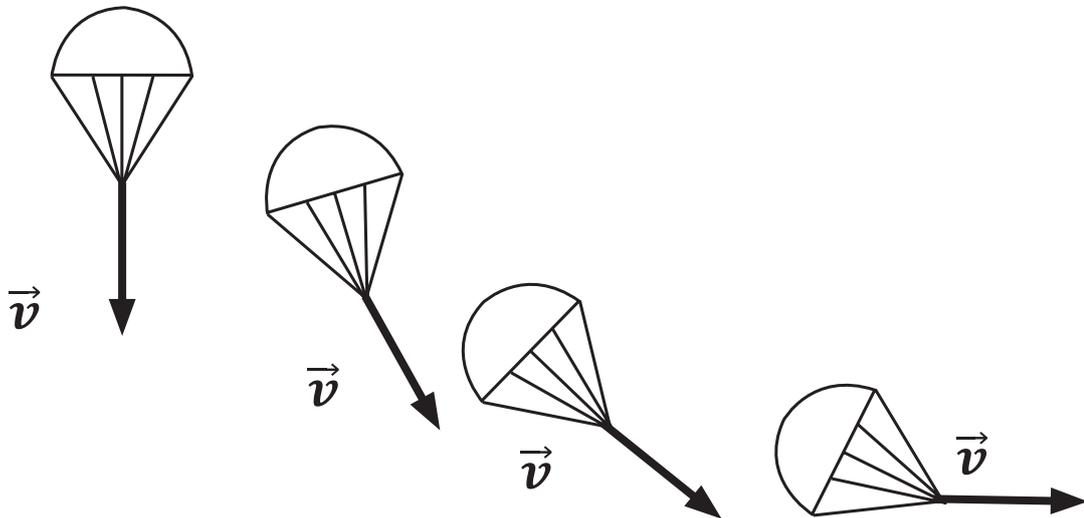
- Arbeitsblatt leifiphysik zum Zuordnen der Diagramme  
<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/geradlinige-bewegung/lb/musteraufgaben-konstante-geschwindigkeit-richtige-zuordnung-0>
- Zuordnungsaufgaben aus Leifiphysik Online Quiz  
<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/lineare-bewegung-gleichungen/aufgaben>
- Hausaufgabenüberprüfung

#### HR\_Ph\_TF4\_UG3\_S1\_Autofahrt\_LK



### Erläuterungen zu Sequenz 2 – Schieß ein Tor

Diese Sequenz entspricht der 2. Sequenz aus UG1. Um an den aktuellen Unterrichtsgang sinnvoll anzuknüpfen, bietet sich ein Aufgreifen der Vektordarstellung beim Fallschirmsprung, z. B. beim Abbremsen, an.



Danach können die anderen Sportarten untersucht werden.

### Erläuterungen zu Sequenz 3 – Der Ursache auf der Spur

Auch die dritte Sequenz lässt sich mit der schon bekannten aus UG1 verbinden. Die hier vorgeschlagenen Unterrichtselemente können nach Bedarf ausgetauscht werden.

Nachdem es zunächst um die Beschreibung der Sprungbewegung, die Festlegung des Geschwindigkeitsbegriffs und des Kraftbegriffs ging, geht es in der dritten Sequenz um das Beschreiben, das Messen und um die Frage nach dem Grund, warum Baumgartner überhaupt fällt. Der zuvor kennengelernte Kraftbegriff wird nun noch einmal sehr genau unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet und auch im Vergleich zu den Skateboard-Experimenten erörtert. Dieser theorielastige Teil könnte den Lernenden als Puzzle zur Aufarbeitung ausgeteilt werden, so dass in Gruppen zunächst gepuzzelt wird und dann für alle präsentiert und sprachlich ausgeführt wird. Das fertige Puzzle dient gleichzeitig als Merkstoff und kann natürlich auch zur Überprüfung genutzt werden. Es liegt in zwei verschiedenen Zerschneidungsvarianten vor, die unterschiedlich schwer sind. Beim Vortragen dient das gepuzzelte Ergebnis als Wortgeländerhilfe für die verbale Ausführung in der Fachsprache. Man kann die Tabelle auch unvollständig als Arbeitsblatt austeilen, wobei das Puzzeln in Gruppen und Vortragen den Unterricht lebendiger gestaltet.

Eine Ursachenbetrachtung der Bewegung unter energetischen Gesichtspunkten kann fakultativ in eine Hausaufgabe gelegt werden, wobei das Arbeiten mit Energieflussdiagrammen und die sprachlichen Formulierungen in geeigneter Fachsprache den Alltags-Erfahrungsbereich sinnvoll ergänzen, jedoch eher in Themenfeld 6 ihren Platz finden.

Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG3  
**Sequenz 3: Der Ursache auf der Spur**

LE: **Baumgartners Sprung und Skateboard** - Wechselwirkung im Vergleich (1 Stunde)

**Kompetenz**

Schülerinnen und Schüler ...  
 ... puzzeln und präsentieren eine tabellarische  
 Gegenüberstellung zum Kraftbegriff.

**Konzeptbezogenes Fachwissen**

Die Kraft ist ein Maß für Stärke und Richtung  
 einer Wechselwirkung. An jedem Wechselwir-  
 kungspartner misst man die gleiche Kraft, aber in  
 entgegengesetzter Richtung. (WW)  
 Körper im Kräftegleichgewicht ändern ihren Be-  
 wegungszustand nicht. (SY)  
 Die berührungslose WW von Körpern wird durch  
 Felder (z. B. magnetische WW, Gravitation) ver-  
 mittelt. (WW)

**Lernprodukt**

Gepuzzelte Tabelle

**Differenzierung**

Tabelle komplett vorgeben als Puzzle in zwei  
 Zerschneidevarianten  
 Tabelle lückenhaft vorgeben und ergänzen  
 lassen

**Materialien und Literatur**

HR\_Ph\_TF4\_UG3\_S3\_Puzzle\_AB Hausaufgabenblatt

| Bewegungspuzzle  |                     | Arbeitsblatt<br>Variante 1 |
|--|---------------------|----------------------------|
| <b>Merke:</b><br>Für jede Änderung des Bewegungszustandes ist eine Wechselwirkung zweier Partner<br>notwendig. |                     |                            |
| Skateboard-Versuch   | Baumgartners Sprung | Aspekte der WW             |
| a) Skateboarder 1/<br>Skateboarder 2   | A) Erde/Baumgartner | Wechselwirkungspartner     |
| b) Skateboarder 1/Erde   | B) Baumgartner/Luft |                            |
| c) Skateboarder 2/Erde   |                     |                            |
| a) dauerhaft oder<br>kurzzeitig, je nach<br>Experiment   | A) dauerhaft        | Dauer der Wechselwirkung   |
| b) dauerhaft   | B) dauerhaft        |                            |
| c) dauerhaft   |                     |                            |
| a) vermittelt mit Hilfe des<br>Seils   | A) berührungslos    | Art der Wechselwirkung     |
| b) direkt  | B) direkt           |                            |
| c) direkt  |                     |                            |

| Bewegungspuzzle  |  |                     |                  | Arbeitsblatt<br>Variante 2 |
|--|--|---------------------|------------------|----------------------------|
| <b>Merke:</b><br>Für jede Änderung des Bewegungszustandes ist eine Wechselwirkung zweier Partner<br>notwendig. |  |                     |                  |                            |
| Skateboard-Versuch   |  | Baumgartners Sprung |                  | Aspekte der WW             |
| a  | Skateboarder<br>1/<br>Skateboarder<br>2                | A                   | Erde/Baumgartner | Wechselwirkungspartner     |
| b  | Skateboarder<br>1/Erde                                 | B                   | Baumgartner/Luft |                            |
| c  | Skateboarder<br>2/Erde                                 |                     |                  |                            |
| a  | dauerhaft oder<br>kurzzeitig, je<br>nach<br>Experiment | A                   | dauerhaft        | Dauer der Wechselwirkung   |
| b  | dauerhaft  | B                   | dauerhaft        |                            |
| c  | dauerhaft  |                     |                  |                            |
| a  | vermittelt mit<br>Hilfe des Seils                      | A                   | berührungslos    | Art der Wechselwirkung     |
| b  | direkt   | B                   | direkt           |                            |
| c  | direkt   |                     |                  |                            |

| Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG3<br><b>Sequenz 3: Der Ursache auf der Spur</b>  |   |
|--|---|
| <b>LE: Experiment mit der Fallröhre (1 Stunde)</b>   |   |
| <b>Kompetenz</b><br>Schülerinnen und Schüler ...<br>... bilden eine überprüfbare Hypothese.<br>... beobachten und beschreiben das Experiment.<br>... folgern aus logischen Vorgaben. | <b>Konzeptbezogenes Fachwissen</b><br>ALTERNATIVEN:<br>Experiment durchführen mit zwei Gegenständen, gleichzeitig aus einer Hand fallen lassen.<br>Oder: Gedankenexperiment Findling und Kiesel |
| <b>Lernprodukt</b><br>Comicabfolge: Findling und Kiesel  | <b>Differenzierung</b><br>--  |
| Findling<br><br>   | Kiesel<br><br>   |
| z. B. Filmleiste anlegen und Fallpositionen der beiden einzeichnen zu unterschiedlichen Fallzeiten.  |   |

Unterrichtsgang – „Sport und Bewegung“ – Variante UG3  
**Sequenz 3: Der Ursache auf der Spur**

LE: **Gedankenexperimente** (1 Stunde)

Zum tieferen Verständnis der Wechselwirkung bei Baumgartners Sprung ist es hilfreich Gedankenexperimente anzuschließen, in denen man einen Wechselwirkungspartner wegdenkt. Wenn die Luft als Wechselwirkungspartner fehlt, treten keine Luftreibungskräfte auf (auch kein Auftrieb) und kein Kräftegleichgewicht, so dass Baumgartner auch nicht mit  $v = \text{konstant}$  zu Boden fällt, sondern er mit immer größerer Geschwindigkeit dem unvermeidlichen Aufprall entgegen sieht. Ursache der Fallbewegung ist immer noch seine Gewichtskraft, die man aus seiner Masse schließen kann.

Als gängiges Demonstrationsexperiment bietet sich die Fallröhre an. Das aus diesem Versuch resultierende kompetenzbezogene Fachwissen ist, dass alle Körper im Vakuum am gleichen Ort für die gleiche Fallstrecke die gleiche Fallzeit benötigen. Es findet eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung statt. Logische Schlussfolgerung wäre bei fehlender Luft die Sinnlosigkeit des Fallschirms.

**Materialien und Literatur**

HR\_Ph\_TF4\_UG3\_S3\_Gewichtskraft\_AB

|    | <b>Baumgartners Gewichtskraft unter der Lupe</b> | <b>Arbeitsblatt</b> |
|---|--|---------------------|
| <p>Nimm vereinfacht an, dass Herr Baumgartner mit seiner Ausrüstung insgesamt eine Masse von 100 kg besitzt.</p> <p>a) Bestimme experimentell die Gewichtskraft in Newton, die Baumgartner erfährt. Beschreibe dein Vorgehen in ganzen Sätzen.</p> <p>Dazu stehen für dich die folgenden Gegenstände bereit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Waage,</li> <li>• Gewichtsstücke,</li> <li>• Gummiband,</li> <li>• Tafel Schokolade,</li> <li>• Federkraftmesser mit verschiedenen Skalen,</li> <li>• Stoppuhr,</li> <li>• Lineal,</li> <li>• Papier</li> </ul> <p>b) In naher Zukunft möchte Baumgartner seinen sensationellen Sprung auch auf dem Mond durchführen. Da der Mond weniger Masse als die Erde besitzt und kleiner ist, bewirkt dieser auch nur ein Sechstel der Anziehungskraft der Erde.</p> <p>Begründe die Größe der Masse und der Gewichtskraft von Baumgartner.</p> |  |                     |
| <p><b>Der Sprung ins Wasser</b></p> <p>Baumgartner landete nach seinem Sprung auf freiem Feld. Ein Landen im Meer wäre ebenfalls möglich gewesen.</p> <p>Modelliere mit den bereitgestellten Materialien einen Versuch und treffe Aussagen zu Baumgartners Überlebenschance.</p>  |  |                     |

## 3 ANHANG

### 3.1 Bauanleitung für einen Luftkissengleiter (Tragfähigkeit über 100 kg)

In Anlehnung an eine Idee aus dem Buch „Spaß mit Physik“ von Eduardo de Campos Valadares (erschienen im Aulis-Verlag, Köln 2003).

#### ■ Material

- Spanplatte 1 m x 1 m, 16 mm stark, roh
- Plastikfolie (ideal Dampfbremse für Dachausbau, Dicke 0,16 mm)
- Plastikscheibe Durchmesser ca. 25 cm (z. B. ausgeschnittener Boden eines Plastikeimers)
- Schlossschraube M6 mit großen Unterlegscheiben und passender Mutter
- Paketklebeband
- Gebläse für 12 V (für Campingartikel; im Autozubehörhandel erhältlich)
- Autobatterie

#### ■ Bauanleitung

Die Holzplatte wird entsprechend den angegebenen Maßen zugeschnitten und mit einer Bohrung für das Gebläse versehen; zusätzlich wird in der Mitte ein passendes Loch für die Schlossschraube gebohrt.

Die Plastikfolie wird so zugeschnitten, dass sie überall 2 cm über den Rand der Holzscheibe übersteht. Anschließend werden die sechs Luftaustrittslöcher entsprechend der Zeichnung in die Folie geschnitten (mit Cutter/Messer; Blechdose oder -deckel als Schablone).

Die Folie wird nun mit Paketklebeband rundum luftdicht mit der Holzscheibe verklebt (Folie am Rand hochschlagen; Klebeband außen und oben auf der Holzscheibe ankleben). Dabei darauf achten, dass das Loch für das Gebläse möglichst mittig zwischen zwei Luftaustrittslöchern der Folie liegt und die Folie nicht zu stramm gespannt ist.

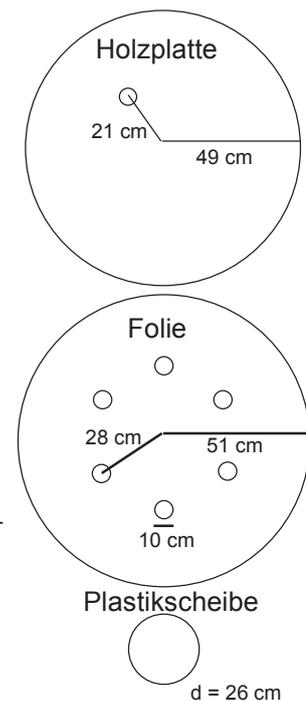


Abb. 9 zum Luftkissengleiter: Wolfgang Heuper

Nun wird noch die Plastikscheibe mit einer Bohrung versehen und dann von unten mit der Schlossschraube durch die Plastikfolie hindurch auf der Holzplatte befestigt.

Der Plastikteller sorgt dafür, dass sich beim Einblasen ein ringförmiger Wulst bildet; er muss gut befestigt sein, damit die Folie in der Mitte nicht ausreißt.

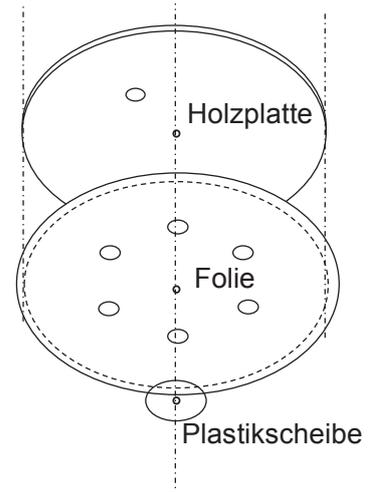
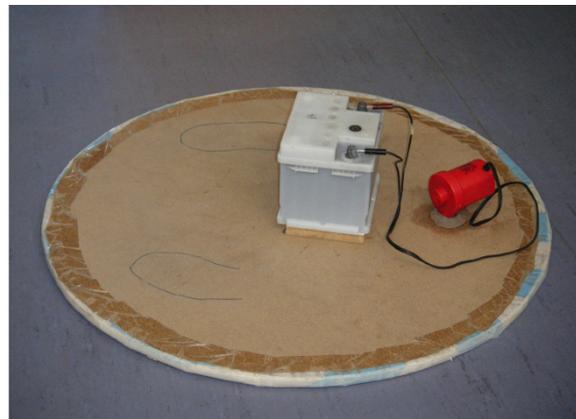


Abb. 10 und Foto zum Luftkissengleiter: Wolfgang Heuper

Falls der Gleiter nicht so schwebt wie erwartet:

- 1) Die Folie könnte zu stramm gespannt sein – dann mit den Händen durch die Luftaustrittslöcher unter die Folie greifen und die Folie vorsichtig dehnen.
- 2) Die Luftleistung des Gebläses reicht nicht aus. Dann muss ein zweites Gebläse zusätzlich eingebaut werden.



© Wolfgang Heuper, Fachseminar Physik am Studienseminar für Gymnasien, Koblenz

## 4 LITERATURVERZEICHNIS

Hauptmann, H.: „Mechanik ohne Fernwirkung – mit Impuls und Impulsströmen“, PdN Heft 1/2015, S. 15 ff.

Muckenfuß, H.: Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts, Cornelsen 1995

Schmälzle, P.: „Zum sprachlichen Umgang mit dem Kraftbegriff“, PdN 1/64, S.11 f.

Valaderes, E.: Spaß mit Physik - Kreative Versuche für Schule und Freizeit, Aulis 2006

Von Weizsäcker, Carl Friedrich: Die Tragweite der Wissenschaft, Bd. I: Schöpfung und Weltentstehung. Die Geschichte zweier Begriffe, 4., unveränderte Aufl. (Stuttgart 1973), S. 106

Wiesner, H.: „Dynamik in den Mechanikunterricht – ein Vorwort“, PdN 7/59, S. 4 f.

# 5 AUTORINNEN UND AUTOREN

**Norbert Ames**

Staatliches Eifel-Gymnasium, Neuerburg

**Esther Braun**

Integrierte Gesamtschule Nieder-Olm, Nieder-Olm

**Martin Buchhold**

Kurfürst-Balduin-Gymnasium, Münstermaifeld

**Andrea Bürgin**

Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

**Silvia Casado-Schneider**

Realschule plus Mainz-Lerchenberg, Mainz

**Katharina Franke**

Gymnasium Nackenheim, Nackenheim

**Wolfgang Heuper**

Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien, Koblenz

**Tobias Jung**

Gymnasium Nieder-Olm, Nieder-Olm

**Cordula Mauch**

Peter-Joerres-Gymnasium, Ahrweiler

**Markus Monnerjahn**

Gutenberg-Gymnasium, Mainz

**Monika Nikolaus**

Sickingen-Gymnasium, Landstuhl

**Lutz Rosenhagen**

Integrierte Gesamtschule Ernst Bloch, Ludwigshafen

**Beate Tölle**

Bischöfliches Angela-Merici-Gymnasium, Trier



Rheinland-Pfalz

PÄDAGOGISCHES  
LANDESINSTITUT

Pädagogisches Landesinstitut  
Butenschönstr. 2  
67346 Speyer

[pl@pl.rlp.de](mailto:pl@pl.rlp.de)  
[www.pl.rlp.de](http://www.pl.rlp.de)