Spiralcurriculum

Kräfte und Gleichgewicht

Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen

Band 1: Elementarbereich

Band 2: Primarbereich

Band 3: Sekundarbereich

SIMON RÖSCH
PETER LABUDDE

Ermöglicht durch

Deutsche Telekom Stiftung

Spiralcurriculum

Kräfte und Gleichgewicht

Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen

Band 1: Elementarbereich

Band 2: Primarbereich

Band 3: Sekundarbereich

Deutsche Telekom Stiftung

Die Entwicklung des Spiralcurriculums *Kräfte und Gleichgewicht* wurde durch die *Deutsche Telekom Stiftung* ermöglicht.

Wir bedanken uns für die Unterstützung und Mitarbeit der beteiligten studentischen Hilfskräfte. Insbesondere danken wir den Einrichtungen und Lehrkräften, die an der Erprobung der Materialien beteiligt waren und die maßgeblich zum Gelingen des Projekts beigetragen haben.

Die Materialkisten werden von der Caritas-Werkstatt Lünen produziert.
Handbücher und Materialkisten sind erhältlich unter:
www.gutwerke.de

Bei Nachfragen:
kraefte-gleichgewicht@caritas-coesfeld.de

Digital sind die Handbücher und weitere Materialien auf den Seiten der *Deutsche Telekom Stiftung* abrufbar (www.telekom-stiftung.de/minteinander).

Caritasverband für den Kreis Coesfeld e.V.

IMPRESSUM

Simon Rösch, Peter Labudde
Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen
Band 3: Sekundarbereich
In der Reihe: Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen
Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 8. Klasse.
Herausgegeben von Kornelia Möller
1. Auflage 2021

Alle Rechte vorbehalten.

Bildnachweise: AerialVision_it/Shutterstock.com (S. 147 re.), Deutsche Telekom Stiftung (S. 3), kontur-vid/Shutterstock.com (S. 88), privat (S. 141 li. o und li. u. und re. o., 160 re. o. und u.), ribeiroantonio|Shutterstock.com (S. 141 li. Mitte), Simon Rösch (S. 56, 89, 94, 102, 135), Arndt Rösner (S. 150), SeitenPlan (Grafiken) (S. 24, 39, 40, 49, 67-74, 77-78, 95, 98, 105-106, 110-112, 117-121, 124-125, 127, 129-130, 138, 140, 142-147), Torben Wilke (S. 151-153:), WWU Münster (S. 4, 162), www.sls-profishop.de/Guede-Kettenflaschenzug-1000-kg (S. 141 re. u.)
Redaktion: Anna Klein, SeitenPlan GmbH
Satz und Layout: SeitenPlan GmbH
Druck: WIRmachenDRUCK GmbH
Printed in Germany

ISBN: 978-3-9813300-7-6
Bonn, im Mai 2021

Vorwort

Wie gelingt es, möglichst allen Kindern und Jugendlichen die MINT-Kompetenzen zu vermitteln, die sie für ihren weiteren erfolgreichen Bildungsweg brauchen? Das ist eine der Leitfragen, an der sich die Aktivitäten der *Deutsche Telekom Stiftung* orientieren, wenn sie Projekte für erfolgreiches MINT-Lehren und -Lernen in der digitalen Welt anstößt.

Mit unserem Vorhaben „MINTeinander“ tragen wir nicht nur dazu bei, Kindern und Jugendlichen MINT-Kompetenzen zu vermitteln. Wir gehen noch einen Schritt weiter, indem wir dafür sorgen, dass sie diese Kompetenzen systematisch und aufeinander aufbauend entwickeln können. Damit dies gelingen kann, sind in den unterschiedlichen Bildungseinrichtungen – Kindertagesstätten, Grund- und weiterführenden Schulen – Lehr- und Lerninhalte notwendig, die altersgerecht angelegt und aufeinander abgestimmt sind.

Wie groß das Interesse an solchen Inhalten ist, haben uns mehrere bundesweite Ausschreibungen gezeigt. Wir haben so Kindertagesstätten und Schulen gefunden, die gemeinsam in ihrer Region die Spiralcurricula *Magnetismus* und *Schwimmen und Sinken* eingeführt haben. Mittlerweile arbeiten mit Unterstützung durch die Stiftung rund 400 Einrichtungen in regionalen Verbünden bildungsstufenübergreifend zusammen, nachdem sie im Umgang mit den Konzepten und Materialien geschult worden sind.

Die nun vorliegende dritte Materialsammlung und die didaktischen Begleithandreichungen, mit denen wir die pädagogischen Fachkräfte und Lehrpersonen unterstützen wollen, widmen sich dem Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht*. Sie wurden wie ihre beiden Vorgänger von einem Projektkonsortium unter der Leitung von Seniorprofessorin Kornelia Möller, ehem. Direktorin des Instituts für Didaktik des Sachunterrichts an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, in mehrjähriger Arbeit konzipiert und in der Praxis erprobt. Dafür an dieser Stelle herzlichen Dank. Ein besonderes Merkmal dieses Spiralcurriculums ist die Verknüpfung zwischen den Naturwissenschaften und der Technik: In einem fächerverbindenden Ansatz können Kinder und Jugendliche erfahren, dass naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten, wie z. B. das Hebelgesetz, in der Technik angewandt werden und das Verstehen technischer Zusammenhänge durch das Kennen naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten erleichtert wird.

Wir wünschen allen Fach- und Lehrkräften und natürlich auch allen Schülerinnen und Schülern viel Freude beim Ausprobieren und Entdecken, beim mi(n)teinander Lehren und Lernen.

Dr. Ekkehard Winter
Geschäftsführer Deutsche Telekom Stiftung

Vorwort der Herausgeberin

Mit dem Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* liegt nun neben den Spiralcurricula *Magnetismus* und *Schwimmen und Sinken* ein weiteres Curriculum vor, das auf eine abgestimmte Entwicklung von Kompetenzen vom Elementarbereich über den Primarbereich bis in die ersten Klassenstufen des Sekundarbereichs abzielt. Eine Besonderheit dieses Curriculums ist die Verknüpfung naturwissenschaftlicher und technischer Kompetenzen in einem fächerübergreifenden Unterricht.

Neben den Handbüchern für jeden Bildungsbereich stehen wieder Materialkisten mit im Unterricht benötigten Materialien zur Verfügung.

Handbücher und Materialkisten zum Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* sind über die Caritas-Werkstatt Lünen beziehbar; die Bezugsquellen sind auf S. 11 angegeben. Die Handbücher stehen zudem auf den Seiten der *Deutsche Telekom Stiftung* kostenlos zum Download zur Verfügung (www.telekom-stiftung.de/mintein-ander); dort befinden sich für den Primar- und Sekundarbereich auch editierbare Arbeitsblätter für den Unterricht und die Lösungen der Aufgaben.

Wie die Handbücher zu den Spiralcurricula *Magnetismus* und *Schwimmen und Sinken* enthalten auch die Handbücher zum Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* drei in allen Bildungsstufen identische Kapitel (Kap. 1 bis 3). Sie geben einen Überblick über die Inhalte des Spiralcurriculums (Kap. 1), stellen Ziele und lernpsychologische Grundlagen des Spiralcurriculums dar (Kap. 2), begründen, warum das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* für eine Bearbeitung in allen drei Bildungsbereichen geeignet ist, (Kap. 3.1) und schlagen vor, wie im Elementar-, Primar- und Sekundarbereich Kompetenzen und das zugrunde liegende Wissen spiralförmig aufzubauen sind (Kap. 3.2). Zur Kennzeichnung sind diese gemeinsamen Kapitel rot hervorgehoben. Blau bzw. grau gekennzeichnet sind die für die einzelnen Bildungsstufen spezifischen Kapitel 4, 5 und 6. In Kapitel 4 werden jeweils der fachliche Hintergrund sowie vorhandene Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten vorgestellt; Kapitel 5 enthält die für die entsprechende Bildungsstufe vorgeschlagenen Bildungsangebote. Im Anhang (Kap. 6) finden sich ein Literaturverzeichnis, ein Glossar sowie eine Liste der in den Materialkisten befindlichen Teile. Für den Primarbereich gibt es einen Anlagenband, der sämtliche Kopiervorlagen enthält, die für den Unterricht benötigt werden.

Wir danken der *Deutsche Telekom Stiftung* für die Unterstützung bei der Entwicklung der MINTeinander Unterrichtsmaterialien und wünschen den Fach- und Lehrkräften Freude und Erfolg beim Gestalten der Lernumgebungen!

Prof. Dr. Kornelia Möller
Seniorprofessorin für Didaktik des Sachunterrichts
an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Inhalt

Vorworte 3

1 Einleitung: Das Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen 7

2 Lernen in Naturwissenschaften und Technik 13
2.1 Ziele naturwissenschaftlicher und technischer Bildung 14
2.2 Lernen als konstruktiver Prozess 14
2.3 Die Bedeutung der Strukturierung von Lerngelegenheiten 15

3 Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* in einem bildungsstufenübergreifenden Curriculum 17
3.1 Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* als Gegenstand naturwissenschaftlicher und technischer Bildung 18
3.2 Naturwissenschaftliche und technische Bildung von Anfang an 19
3.2.1 Inhaltsbezogene Kompetenzen 20
3.2.2 Prozessbezogene Kompetenzen im naturwissenschaftlichen und technischen Lernbereich 26

4 Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* im Sekundarbereich 35
4.1 Fachlicher Hintergrund 36
4.2 Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten 41

5 Unterricht in der Sekundarstufe I (Klassenstufen 6–8) 43
5.1 Zum Aufbau der Unterrichtseinheit 44
5.2 Darstellung der Unterrichtssequenzen 46
5.2.1 Sequenzen aus dem Themenbereich 1 „Kräfte und ihre Wirkungen“ 46
Sequenz 1: Kräfte im Alltag und in den Naturwissenschaften 46
Sequenz 2: Kräfte messen 53
Sequenz 3: Gut oder schlecht? Reinung und wie man sie beeinflussen kann 79
5.2.2 Sequenzen aus dem Themenbereich 2 „Stabilität und Gleichgewicht“ 90
Sequenz 1: Gleichgewicht 90
Sequenz 2: Stabilität 101
5.2.3 Sequenzen aus dem Themenbereich 3 „Kraft sparen durch einfache Maschinen“ 113
Sequenz 1: Die Goldene Regel der Mechanik 113
Sequenz 2: Mit Hebeln Tempo machen 123
Sequenz 3: Die Goldene Regel der Mechanik in der Technik 131

6 Anhang 149
6.1 Inhalte der Materialkisten 150
6.2 Zusätzlich benötigte Materialien 154
6.3 Literatur 155
6.4 Glossar 156

1
Einleitung

1 Das Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen

Ein Curriculum vom Kindergarten bis zum Anfangsunterricht des Sekundarbereichs (Klassenstufen 6–8)

Das Spiralcurriculum zum Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* ist bildungsstufenübergreifend vom Kindergarten bis zum Sekundarbereich (Klassenstufen 6–8) angelegt. Es verbindet naturwissenschaftliche mit technischen Inhalten.

Leitend für das Handbuch und die dazugehörigen Materialkisten waren die Fragen: Wie kann bereits im Elementarbereich mit dem Kompetenzaufbau im naturwissenschaftlichen und technischen Lernbereich begonnen und wie kann dieser Kompetenzaufbau im Primarbereich und später dann im Sekundarbereich weitergeführt werden? So zielt das Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* darauf ab, die Entwicklung naturwissenschaftlicher und technischer Kompetenzen von Anfang an stufengerecht zu fördern und auf diese Weise die Übergänge vom Kindergarten in die Grundschule und von der Grundschule in den Sekundarbereich zu erleichtern.

Neben dem Erwerb inhaltsbezogener Kompetenzen zum Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* steht – wie bei den bereits entwickelten Spiralcurricula *Magnetismus* sowie *Schwimmen und Sinken* – die systematische Heranführung an Arbeits- und Denkweisen im Zentrum.

Leitendes Prinzip ist – ebenfalls wie bei den bereits veröffentlichten Spiralcurricula – das durch pädagogische Fach- bzw. Lehrkräfte angemessen begleitete forschende und handlungsaktive Lernen. Das dem Spiralcurriculum zugrunde liegende Lernverständnis geht davon aus, dass Wissen nicht „vermittelt“ werden kann, sondern von den Lernenden gemeinsam mit anderen Lernenden und den Lehrenden aktiv konstruiert werden muss. Gerade jüngere Lernende sind darauf angewiesen, Wissen auf der Basis konkreter Erfahrungen zu entwickeln; das Spiralcurriculum ermöglicht daher in allen Bildungsstufen entsprechende Handlungs- und Experimentiererfahrungen (vgl. Kap. 2.2). Gleichzeitig benötigen Lernende für den Aufbau von Wissen die gezielte Unterstützung der Fach- bzw. Lehrkräfte. Entsprechende Vorschläge, z. B. zur Strukturierung der Inhalte oder zur Gestaltung gemeinsamer Gespräche, sind zentraler Bestandteil der vorgeschlagenen Lernsequenzen (vgl. Kap. 2.3).

Wie bei den Spiralcurricula *Magnetismus* sowie *Schwimmen und Sinken* unterstützen drei aufeinander abgestimmte Materialpakete für den Elementar-, Primar- und Sekundarbereich die Erzieherinnen und Erzieher sowie die Lehrkräfte darin, die angestrebten Ziele zu erreichen. Die Materialpakete bestehen wieder aus Materialkisten und einem Handbuch je Bildungsstufe.

Wie bei den bereits veröffentlichten Spiralcurricula wird in den Handbüchern eine Übersicht zum stufenübergreifenden Aufbau der inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen vorangestellt (Kap. 3). Die angeführten Kompetenzen beziehen sich auf naturwissenschaftliches und technisches Lernen. Auch wenn naturwissenschaftliche und technische Inhalte oft eng miteinander verbunden sind und dementsprechend naturwissenschaftliche und technische Arbeits- und Denkweisen ineinandergreifen, sind die naturwissenschaftlichen und technischen Kompetenzen in den Kompetenztabellen getrennt nacheinander aufgeführt. Damit wird betont, dass sich naturwissenschaftliche und technische Arbeits- und Denkweisen trotz vorhandener Gemeinsamkeiten durch je spezifische Prozesse und Zielsetzungen unterscheiden. Hervorgehoben werden soll, dass keinesfalls der Anspruch besteht, mit dieser Auflistung sämtliche prozessbezogene Kompetenzen in den Naturwissenschaften und in der Technik abzudecken. Vielmehr handelt es sich um eine Auflistung von Kompetenzen, die anhand des vorgeschlagenen Spiralcurriculums *Kräfte und Gleichgewicht* von den adressierten Lerngruppen erreicht werden können.

Alle Handbücher enthalten zudem in knapper Form Informationen zum fachlichen Hintergrund, einen Überblick über den Unterricht sowie sorgfältig ausgearbeitete und erprobte Vorschläge für die Gestaltung von Lernsituationen. Alle vorgeschlagenen Sequenzen orientieren sich an den in Kapitel 3 stufenübergreifend formulierten Kompetenzrastern.

In den Materialkisten befinden sich Materialien, die für die Durchführung der vorgeschlagenen Sequenzen benötigt werden, in den Institutionen aber in der Regel nicht vorhanden sind. Das Materialangebot ist exakt auf die in den jeweiligen Handbüchern vorgeschlagenen Sequenzen abgestimmt, um die Organisation der entsprechenden Lernsituationen zu erleichtern.

Im Primar- und im Sekundarbereich beginnen die Unterrichtseinheiten mit Sequenzen, die Gelegenheit zum Wiederholen bzw. Erarbeiten bereits in der vorhergegangenen Stufe erarbeiteter Kompetenzen bieten. So kann der Unterricht auch in solchen Klassen stattfinden, die bisher keine oder kaum Erfahrungen mit dem Spiralcurriculum haben.

Die Materialpakete zum Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* im Überblick

Materialpaket Elementarbereich

Miriam Leuchter, Marina Ape, Ilonca Hardy, Mirjam Steffensky

Das Bildungsangebot

Das hier beschriebene Bildungsangebot für ca. fünf- bis sechsjährige Kinder umfasst neun Sequenzen zu den beiden Themenbereichen „Stabilität und Gleichgewicht“ sowie „Kräfte und ihre Wirkungen“. Die Kinder erhalten Gelegenheit, relevante alltagsnahe Erfahrungen zu diesen Themenbereichen zu machen, indem sie selbst erproben, beobachten, überprüfen und sortieren sowie auf diese Weise grundlegende Aspekte des naturwissenschaftlichen und technischen Arbeitens und Denkens kennenlernen. Die Materialien regen das Errichten von unterschiedlichen Bauwerken an und ermöglichen es den Kindern, sie zu verändern und zu korrigieren. Sie finden heraus, wie Bauwerke stabilisiert werden können und prüfen, welche Gegenstände auf Rampen haften, rutschen und rollen und worauf es dabei ankommt. Sie untersuchen hierbei das Gewicht und die Form von Gegenständen sowie den Untergrund der Rampen. In einer weiteren Sequenz erkunden die Kinder das Verhalten von gleichmäßig und ungleichmäßig gebauten Wippen und vergleichen die Wirkung von verschiedenen Gewichten in unterschiedlichen Positionen auf das Gleichgewicht der Wippen.

Das Handbuch

Das Handbuch enthält detaillierte Beschreibungen der Sequenzen mit Vorschlägen für die konkrete Umsetzung sowie fachliche und didaktische Hintergrundinformationen. Das Handbuch soll auch pädagogische Fachkräfte mit wenig Erfahrung in der naturwissenschaftlichen und technischen Bildungsarbeit dabei unterstützen, passende Bildungsangebote zum Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* umzusetzen.

Die Materialkisten

Die zwei Materialkisten für den Elementarbereich enthalten die wichtigsten für die Umsetzung der Bildungsangebote benötigten Materialien: Dazu zählen z. B. zusammensteckbare Wippen sowie Gegenstände wie Holzklötze und Zylinder. Es müssen nur einige wenige, zumeist im Kindergarten vorhandene Gegenstände ergänzt werden. Das Material reicht für Gruppen mit bis zu zehn Kindern aus. Eine Liste mit den in den Materialkisten enthaltenen Materialien befindet sich in Kapitel 6 des Handbuchs.

Materialpaket Primarbereich

Kornelia Möller, Mareike Bohrmann, Hans-Peter Wyssen, Anna Klein, Torben Wilke

Das Bildungsangebot

Der vorgeschlagene Unterricht zu dem Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* orientiert sich an den Lehrplänen der Bundesländer und umfasst sieben Sequenzen für die Klassenstufen 2/3 sowie elf Sequenzen für die Klassenstufen 3/4 mit jeweils einer zusätzlichen optionalen Sequenz. Die Sequenzen sind auf 45 bzw. 90 Minuten ausgelegt.

In den Klassenstufen 2/3 geht es um die Erarbeitung von Standfestigkeit und Gleichgewicht. Im ersten Themenbereich bauen die Kinder möglichst standfeste Türme, finden heraus, was diese stabil macht, wenden dabei das Prinzip kontrollierter Experimente an und erkunden verschiedene Arten der Stabilisierung im Alltag.

Im zweiten Themenbereich wird der Begriff „Gleichgewicht“ erarbeitet und das Hebelgesetz vorbereitet. Dieses geschieht anhand des Baus von Mobiles. Dabei lernen die Schülerinnen und Schüler, dass sich eine waagerechte Lage des „Balkens“ durch Verschieben von „Gewicht“ auf einem Hebelarm herstellen lässt. Das Hebelgesetz wird so qualitativ erfasst.

Das gewonnene Wissen setzen die Schülerinnen und Schüler bei der nächsten Unterrichtseinheit zum Balancieren von Figuren auf einem Seil um. Hier wird ein Clown ins Gleichgewicht gebracht, indem der Schwerpunkt durch angebrachte Gewichte nach unten verlagert wird. In einer optionalen Sequenz können auch asymmetrische Figuren wie ein Papagei, eine Banane oder eine Katze ins Gleichgewicht gebracht werden.

In den Klassenstufen 3/4 geht es um den Begriff „Kraft“ und die Funktionsweise einfacher Maschinen, die zur Kraftersparnis eingesetzt werden. Im dritten Themenbereich wird zunächst erkundet, was Dinge in Bewegung versetzt und was sie bremst. Dabei werden die Begriffe „Kraft“ und „Reibung“ eingeführt. Der vierte Themenbereich lässt anhand von schiefen Ebenen, Hebeln und Getrieben erfahren, wie sich Kraft durch einen längeren Weg reduzieren lässt (Goldene Regel der Mechanik). Dabei entdecken die Schülerinnen und Schüler zunächst bei Versuchen an der schiefen Ebene, wie deren Neigung die Kraftreduzierung beeinflusst. Die kraftsparende Wirkung von Hebeln erkunden sie in einem Stationenlauf, wobei sie den Einsatz von Hebeln in unserer Alltagswelt kennenlernen. Die kraftsparende Wirkung von Getrieben wird schließlich am Beispiel des Fahrrads erkundet; hierzu gehört auch, dass die Schülerinnen und Schüler durch Ausprobieren auf dem Schulhof die Bedeutung der verschiedenen Gänge beim Fahrrad verstehen lernen.

Alle Sequenzen berücksichtigen den Aspekt der Sprachsensibilität; so werden in jeder Sequenz Vorschläge für die Einführung von Begriffen und die Unterstützung einer angemessenen Versprachlichung gemacht.

Das Handbuch

Das Handbuch enthält die detailliert beschriebenen 18 Unterrichtssequenzen, benötigte Hintergrundinformationen sowie Versuchsbeschreibungen für die Lehrkraft. Der Anlagenband enthält sämtliche Kopiervorlagen für die Hand der Schülerinnen und Schüler (Arbeitsblätter, Bildkarten zur Unterstützung des Transfers auf Alltagssituationen, Materialien zur Differenzierung, sprachsensible Unterstützungsmaßnahmen (Wort- und Satzkarten), Lesetexte sowie Knobelaufgaben, die auch zur Diagnose der erworbenen Kompetenzen genutzt werden können). Das Handbuch ist so gestaltet, dass Lehrkräfte auch ohne naturwissenschaftliches und technisches Vorwissen einen kompetenzorientierten Unterricht zum Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* durchführen können.

Die Materialkisten

Die Materialkisten für die Klassenstufen 2 bis 4 können je als separate Einheiten für die Klassenstufen 2/3 bzw. 3/4 erworben werden.

Die vier Kisten der Klassenstufen 2/3 enthalten z. B. für jeweils 16 Zweiergruppen Rohre für den Bau von Türmen, Materialien, um diese zu stabilisieren, wiederverwendbare Materialien für den Bau von Mobiles, Balancierfiguren zum Stabilisieren sowie verschiedene Demonstrationsmaterialien.

Die zwei Kisten für die Klassenstufen 3/4 enthalten Materialien zum Erspüren von Kraft und Reibung sowie Baumaterialien für einfache Fahrzeuge, Experimentiermaterialien zur Messung der Kraftersparnis bei der schiefen Ebene und zum Erkunden der Hebelwirkung.

Lediglich einfach zu beschaffende Verbrauchsmaterialien sowie einige Alltagsgeräte (wie eine Kneifzange) müssen selber besorgt werden. Im Handbuch sind die jeweils aus den Materialkisten benötigten Materialien sowie die selbst zu beschaffenden Materialien zu jeder Sequenz detailliert aufgelistet. Eine Liste aller in den Kisten befindlichen Materialien befindet sich in Kapitel 6 des Handbuchs. Das Material reicht für den Unterricht in Klassen mit bis zu 32 Kindern.

Materialpaket Sekundarbereich

Simon Rösch, Peter Labudde

Das Bildungsangebot

Die Materialien für die Klassenstufen 6 bis 8 umfassen acht Unterrichtssequenzen von insgesamt 14 Stunden (sechs Doppel- und zwei Einzelstunden), welche die im Primarbereich entwickelten Kompetenzen aufgreifen, vertiefen und erweitern. Dazu gehören drei wesentliche Aspekte: (1) das Unterscheiden des Worts „Kraft“ im Alltag und des Begriffs „Kraft“ in den Naturwissenschaften, das Messen von Kräften sowie der Zusammenhang zwischen Kräften und Reibung; (2) das Hebelgesetz in seiner quantitativen Form sowie die Lage des Körperschwerpunkts und dessen Bedeutung für die Stabilität eines Körpers; (3) die Goldene Regel der Mechanik anhand physikalischer und technischer Beispiele aus dem Alltag wie Türklinke, Schubkarre, Kettenschaltung am Fahrrad oder Getriebe. Bei allen Inhalten wird das im Primarbereich aufgebaute qualitative Verständnis differenziert und im Rahmen quantitativer Betrachtungen und Zusammenhänge erweitert. Im Hinblick auf naturwissenschaftliche und technische Denk- und Arbeitsweisen wird ein breites Spektrum von prozessbezogenen Kompetenzen gefördert, u. a. Hypothesen begründen, die Variablenkontrolle erklären, sorgfältig messen, komplexe technische Aufgabenstellungen erfassen, technische Lösungen konstruieren und technische Zusammenhänge erklären. Die Unterrichtsmaterialien betonen das selbstständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler und bieten vielfältige Möglichkeiten der Differenzierung.

Das Handbuch

Das Handbuch enthält zu jeder (Doppel-)Stunde detaillierte Angaben zu den Zielen bzw. geförderten Kompetenzen sowie zum Ablauf und zum benötigten Material. Kopierfähige Arbeitsblätter, Aufgaben und die entsprechenden Lösungen erleichtern die Unterrichtsvorbereitung und -durchführung. Das Handbuch ist so angelegt, dass es auch fachfremd unterrichtende Lehrkräfte gewinnbringend nutzen können.

Die Materialkisten

Die vier Kisten für den Sekundarbereich enthalten alle für die Umsetzung der Unterrichtseinheiten (Kap. 5) notwendigen Materialien. Es geht dabei um Materialien, die für die Durchführung von Demonstrationsexperimenten und Schülerexperimenten zwingend notwendig sind, die aber in Schulsammlungen nicht in jedem Fall (in genügender Zahl) vorhanden sind. So enthalten die Kisten u. a. Balken und Schrauben zur Konstruktion von Balkenwaagen sowie Riemen und Riemenradsätze zum Bau von Fahrradantrieben.

Verzichtet wurde in den Kisten hingegen auf Materialien, die in den meisten Sammlungen in genügender Zahl vorhanden sind, wie z. B. Federkraftmesser, oder auf Alltagsmaterialien wie Klebepunkte oder Muttern.

In Kapitel 6 des Handbuchs sind die jeweils aus den Materialkisten benötigten Materialien sowie die selbst zu beschaffenden Materialien detailliert aufgelistet. Das Material reicht für den Unterricht in Klassen mit bis zu 33 Schülerinnen und Schülern, d. h. für 11 Dreiergruppen.

Materialien zum Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen

Hrsg. von Kornelia Möller, 2021

Die Materialkisten für den Elementar-, Primar- und Sekundarbereich werden von der gemeinnützigen Einrichtung Caritas-Werkstatt Lünen hergestellt und vertrieben.

Elementarbereich
Miriam Leuchter, Marina Ape, Ilonca Hardy, Mirjam Steffensky

Materialkisten und Handbuch zum Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen. Band 1: Elementarbereich
Artikelnummer Materialkisten: 500-1-03013
Artikelnummer Handbuch: 500-1-08621

Primarbereich
Kornelia Möller, Mareike Bohrmann, Hans-Peter Wyssen, Anna Klein, Torben Wilke

Materialkisten und Handbuch zum Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen. Band 2: Primarbereich
Artikelnummer Materialkisten für Klassenstufen 2/3: 500-1-07606
Artikelnummer Materialkisten für Klassenstufen 3/4: 500-1-07607
Artikelnummer Materialkisten für Primarbereich gesamt: 500-1-07605
Artikelnummer Handbuch mit Anlagenband (Kopiervorlagen): 500-1-08622

Sekundarbereich
Simon Rösch, Peter Labudde

Materialkisten und Handbuch zum Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen. Band 3: Sekundarbereich
Artikelnummer Materialkisten: 500-1-03014
Artikelnummer Handbuch: 500-1-08623

Bezug aller Materialkisten und Handbücher über:
www.gutwerke.de

Bei Nachfragen:
Caritas-Werkstatt Lünen
Fon 02306 9801-2900
Fax 02306 9801-2949
kraefte-gleichgewicht@caritas-coesfeld.de

Digital sind auf den Seiten der *Deutsche Telekom Stiftung* neben allen Handbüchern auch die Arbeitsblätter für den Primar- und Sekundarbereich in editierbarer Form sowie die Lösungen zu den Arbeitsblättern abrufbar.

Für den Sekundarbereich steht zudem ein Hörspiel zum Download zur Verfügung.

www.telekom-stiftung.de/minteinander

Weitere Spiralcurricula

Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen
Hrsg. von Kornelia Möller, 2013

Elementarbereich
Miriam Steffensky, Ilonca Hardy
Materialkiste und Handbuch zum Spiralcurriculum *Magnetismus*: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 1: Elementarbereich
Artikelnummer Materialkiste: 500-1-01063
Artikelnummer Handbuch: 500-1-08579

Primarbereich
Kornelia Möller, Mareike Bohrmann, Anja Hirschmann, Torben Wilke, Hans-Peter Wyssen

Materialkisten und Handbuch zum Spiralcurriculum *Magnetismus*:
Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 2: Primarbereich
Artikelnummer Materialkisten: 500-1-01064
Artikelnummer Handbuch: 500-1-08580

Sekundarbereich
Claudia von Aufschnaiter, Rita Wodzinski
Materialkisten und Handbuch zum Spiralcurriculum *Magnetismus*:
Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 3: Sekundarbereich
Artikelnummer Materialkisten: 500-1-01065
Artikelnummer Handbuch: 500-1-08581

Bezug aller Materialkisten und Handbücher über:
www.gutwerke.de

Bei Nachfragen:
Caritas-Werkstatt Lünen
Fon 02306 9801-2900
Fax 02306 9801-2949
magnetismus@caritas-coesfeld.de

Digital sind auf den Seiten der *Deutsche Telekom Stiftung* die Handbücher aller Bildungsstufen und weitere Materialien für den Sekundarbereich (u. a. kommentierte Arbeitsblätter, Lösungen) abrufbar.

www.telekom-stiftung.de/minteinander

Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen

Hrsg. von Kornelia Möller, 2017

Elementarbereich
Ilonca Hardy, Mirjam Steffensky, Miriam Leuchter, Henrik Saalbach
Materialkisten und Handbuch zum Spiralcurriculum *Schwimmen und Sinken*:
Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 1: Elementarbereich
Artikelnummer Materialkisten: 500-1-02564
Artikelnummer Handbuch: 500-1-03222

Bezug der Materialkisten und des Handbuchs über:
www.gutwerke.de

Primarbereich
Kornelia Möller, Angela Jonen
Materialkisten und Handbuch zur Klassenkiste KiNT (Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik): *Schwimmen und Sinken*

Bezug der Materialkisten und des Handbuchs über:
Westermann Gruppe (ehemals Spectra Verlag)
www.westermann.de/landing/sachunterricht

Kornelia Möller, Hans-Peter Wyssen
Ergänzungs-Handbuch zum Spiralcurriculum *Schwimmen und Sinken*:
Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 2: Primarbereich
Artikelnummer Ergänzungs-Handbuch:
500-1-08626

Bezug des Ergänzungs-Handbuchs Primarbereich über:
www.gutwerke.de

Sekundarbereich
Simon Rösch, Claudia Stübi, Peter Labudde
Materialkisten und Handbuch zum Spiralcurriculum *Schwimmen und Sinken*:
Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 3: Sekundarbereich

Bezug des Handbuchs über:
Westermann Gruppe (ehemals Spectra Verlag)
www.westermann.de/landing/sachunterricht

Artikelnummer Materialkisten: 500-1-03218

Bezug der Materialkisten über:
www.gutwerke.de

Bei Nachfragen:
Caritas-Werkstatt Lünen
Fon 02306 9801-2900
Fax 02306 9801-2949
schwimmen-sinken@caritas-coesfeld.de

Digital sind auf den Seiten der *Deutsche Telekom Stiftung* das Handbuch für den Elementarbereich, das Ergänzungs-Handbuch für den Primarbereich sowie weitere Materialien für den Elementar- und Sekundarbereich (u. a. editierbare Arbeitsblätter, Lösungen) abrufbar.

www.telekom-stiftung.de/minteinander

2
Lernen in Naturwissenschaften und Technik

2 Lernen in Naturwissenschaften und Technik

2.1 Ziele naturwissenschaftlicher und technischer Bildung

Lernen in Naturwissenschaften und Technik schließt in allen Bildungsstufen neben dem Aufbau von inhaltsbezogenem Wissen auch das Aneignen naturwissenschaftlicher und technischer Arbeits- und Denkweisen ein. Die Schülerinnen und Schüler sollen lernen, wie man naturwissenschaftlichen Phänomenen auf den Grund geht, technische Probleme löst und Erkenntnisse gewinnt. Sie sollen dabei eine erste Vorstellung davon bekommen, was naturwissenschaftliches und technisches Arbeiten und Denken bedeutet, wie Forscherinnen und Forscher bzw. Ingenieurinnen und Ingenieure vorgehen und welche Tätigkeiten dabei wichtig sind. Dieses Wissen wird auch als prozessbezogenes Wissen bezeichnet.

Beide Bereiche, also das inhaltsbezogene sowie das prozessbezogene Wissen, sind zentrale Bestandteile einer grundlegenden Bildung.

Naturwissenschaftliche und technische Grundbildung soll Menschen dazu befähigen, an einer von Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt teilzuhaben, z. B. Debatten, in denen naturwissenschaftliche und technische Inhalte aufgegriffen werden, zu verfolgen und eine eigene Position einzunehmen. Neben dem Wissen gehören zur grundlegenden Bildung auch die Bereitschaft, das Interesse und das Selbstvertrauen, sich mit naturwissenschaftlichen und technischen Themen, Phänomenen und Problemen auseinanderzusetzen. Diese Aspekte sind eine wichtige Voraussetzung für eine freiwillige und länger andauernde Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen und technischen Themen.

Die Entwicklung einer grundlegenden Bildung wird als ein lebenslanger Prozess verstanden, der in der frühen Kindheit beginnt – z. B. mit ersten spielerisch-explorativen Erkundungen der Umgebung und konstruktiven Handlungen – und der dann im Elementarbereich und in der Schule zunehmend systematisch unterstützt wird.

Dieser Prozess endet (idealerweise) nicht mit der Schulzeit, sondern setzt sich lebenslang in der freiwilligen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen und technischen Inhalten fort.

Gerade aus diesem Grund sind die Förderung des Interesses, der Bereitschaft zur Auseinandersetzung und des Zutrauens in die eigenen Fähigkeiten wichtige Bestandteile einer naturwissenschaftlichen und technischen Grundbildung.

Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* ist in hervorragender Weise geeignet, das Lernen von Naturwissenschaften und Technik miteinander zu verbinden. Zugrundeliegende Gesetzmäßigkeiten aus der Natur, wie das Hebelgesetz, können an einfachen technischen Gebilden, wie z. B. einem Mobile, erkundet, beim eigenen Konstruieren genutzt und in ihrer Bedeutung für unsere Lebenswelt erfasst werden.

2.2 Lernen als konstruktiver Prozess

Lernende jeden Alters haben zu Beginn eines Lernprozesses bereits eigene Vorstellungen und Vorkenntnisse. Diese haben sich meist aufgrund von Beobachtungen und Erfahrungen, durch bestimmte Formulierungen, über Informationen (Medien, Eltern, Geschwister, Mitschülerinnen und -schüler etc.) oder durch Meinungen herausgebildet. So zeigen Untersuchungen, dass selbst Kinder im Alter von drei bis vier Jahren bereits plausible Annahmen über das Zustandekommen natürlicher Phänomene, wie z. B. Schatten, Wind oder Verdunstung, besitzen. Diese werden häufig gestützt durch Beobachtungen in der Umwelt, sind jedoch wissenschaftlich oft nicht oder nur begrenzt tragfähig.

Beispielsweise verknüpfen Kinder das „Gewicht“[1] eines Gegenstands häufig mit dem „gefühlten Gewicht“ in der Hand. Entsprechend nehmen Kinder des Elementarbereichs an, dass ein Reiskorn nichts wiege, da man sein Gewicht in der Hand nicht spüren kann. Erst mit zunehmender Erfahrung wird den Kindern klar, dass Gewicht eine Eigenschaft von Materie ist, die auch dann sinnvoll angegeben werden kann, wenn der Gegenstand auf der Hand nicht spürbar ist.

Auch zur Funktionweise von technischen Gegenständen haben sie häufig bereits Ideen entwickelt. So denken Kinder z. B., dass sich in einer handbetriebene Bohrmaschine ganz viele Zahnräder befinden, die irgendwie dafür sorgen, dass sich der Bohrer dreht, wenn man die Handkurbel bewegt (s. Abb. 1) – eine Vorstellung, die aus der Beobachtung, dass Zahnräder etwas in Bewegung versetzen, herrühren mag. Wie genau die einzelnen Elemente verbunden werden müssen, damit die Maschine funktioniert, liegt allerdings noch im Dunkeln.

[1] Da Kinder von Gewicht sprechen, wird an dieser Stelle noch darauf verzichtet, zwischen Gewicht und Masse zu unterscheiden. Der Unterschied wird im Sekundarbereich erarbeitet.

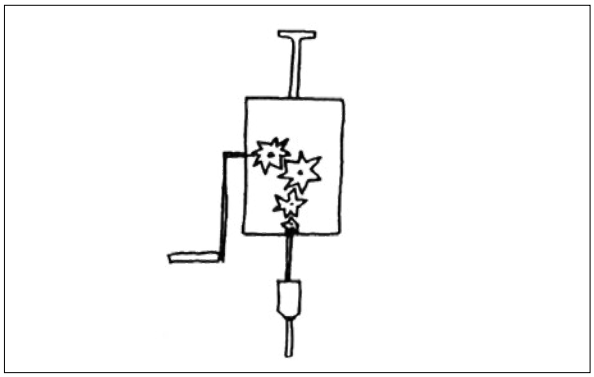


Abb. 1: Zeichnung eines Viertklässlers.

Auch zu technischen Gegenständen, die Kinder aus ihrem Alltag her gut kennen, haben sie Vorstellungen entwickelt, die zwar richtige Elemente enthalten, aber doch noch Lücken in der Erfassung der Funktionsweise aufweisen, wie die Zeichnungen von Drittklässlern zum Fahrrad (s. Abb. 2) zeigen:

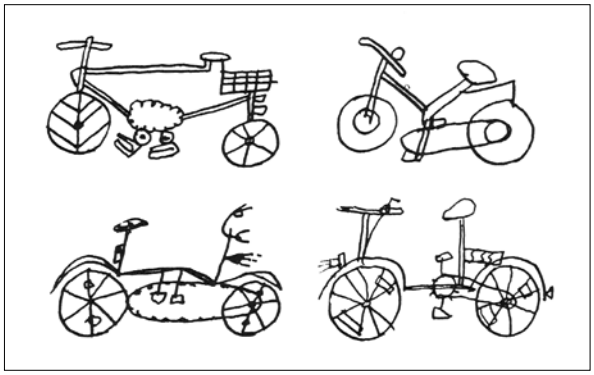


Abb. 2: Zeichnungen von neun- bis zehnjährigen Kindern zur Funktionsweise des Fahrrads (Biester, 1991, S. 51).

Der Übergang von den vorhandenen Vorstellungen zu den wissenschaftlich angemesseneren Vorstellungen ist kein einfacher und vor allem kein geradliniger Prozess. Scheinbare Rückschritte, zwischenzeitliche Unzufriedenheit oder ein unreflektiertes Nebeneinander verschiedener Vorstellungen sind während eines Lernprozesses häufig zu beobachten.

Entscheidend für den Aufbau angemessenerer Vorstellungen ist das eigene Forschen, Untersuchen und Konstruieren. Das Spiralcurriculum ist deshalb so angelegt, dass die Lernenden – ausgehend von ihrem Vorwissen und ihren Vorerfahrungen – Vorstellungen aktiv selbst konstruieren, indem sie Versuche entwickeln und durchführen (z. B. zum Hebelgesetz), technische Probleme lösen (z. B. einen stabilen Turm bauen) und Phänomene (z. B. die Reibung) sowie technische Gegenstände (z. B. das Fahrradgetriebe) untersuchen.

Der Aufbau und die Weiterentwicklung der eigenen Vorstellungen werden zudem wesentlich durch den Austausch von Vorstellungen im Gespräch (sog. Ko-Konstruktionen) beeinflusst. Lernende sollten daher Gelegenheiten bekommen, ihr individuelles Verständnis von Phänomenen, Aufgaben und Problemen im Gespräch darzulegen und ihre Vorstellungen zu begründen. Auf diese Weise können unterschiedliche Sichtweisen und Beobachtungen erkannt und ggf. einander gegenübergestellt werden.

Der bewusste Einsatz sozialer Lernsituationen in Partner- und Gruppenarbeiten kann zusätzlich soziale und sprachliche Kompetenzen fördern. Kinder lernen in solchen Situationen in vielfältiger Weise voneinander; sie übernehmen z. B. Sprechweisen, Formulierungen oder bestimmte Vorgehensweisen, wandeln diese ab und gelangen dadurch zu neuen Vorstellungen. Die so erworbenen Fähigkeiten helfen auch bei der Bewältigung von sozialen Situationen oder bei Prozessen des selbstgesteuerten Lernens.

Eine Lernumgebung, die Lernenden hilft, ihre vorhandenen Vorstellungen in Richtung angemessenerer Vorstellungen zu verändern, sollte zusammenfassend folgende Merkmale haben:

- selbstständiges Denken, forschend-entdeckendes und problemlösendes Lernen fördern
- die kognitive Aktivität der Lernenden durch anregendes und hilfreiches Lernmaterial sowie geeignete Aufgaben herausfordern
- die Ideen, Erklärungen und Vorstellungen der Lernenden berücksichtigen
- gemeinsame Denkprozesse im Gespräch, beispielsweise in Kleingruppen, initiieren
- Möglichkeiten bieten, individuell erarbeitete Vorstellungen in verschiedenen Anwendungen und Beispielen zu festigen
- Reflexionsprozesse unterstützen

2.3 Die Bedeutung der Strukturierung von Lerngelegenheiten

In konstruktivistischen Ansätzen wird die Rolle der Fach- bzw. Lehrkraft häufig als moderierend und lernbegleitend beschrieben. Die Fach- bzw. Lehrkraft soll sich weitgehend passiv verhalten und den Lernenden Raum für eigene Lernwege lassen. Forschungsergebnisse zeigen aber, dass es wesentlich darauf ankommt, dass die Fach- bzw. Lehrkraft eine sehr aktive Rolle einnimmt. Dabei geht es nicht darum, fertige Erklärungen an die Lernenden zu vermitteln, sondern das Denken der Lernenden durch geeignete Strukturierungen zu unterstützen.

Die angemessene Strukturierung von Lernumgebungen durch die Fach- bzw. Lehrkraft erfüllt nach Vygotsky die Funktion eines Gerüsts, das es den Lernenden ermöglicht, mit Unterstützung Aufgaben zu lösen, die sie allein noch nicht lösen können. Hat das Kind die entsprechenden Fähigkeiten entwickelt, sollte die Strukturierung zurückgenommen

und das Gerüst langsam abgebaut werden. Ähnlich wie bei der frühen Eltern-Kind-Interaktion soll die Fach- bzw. Lehrkraft also den Aufbau neuer Handlungs- und Denkweisen unterstützen, zu denen das Kind allein noch nicht fähig wäre. Ziel der Unterstützung ist, dass das Kind anschließend die Aufgabe selbstständig lösen kann. Diese Unterstützung ist sowohl im gemeinsamen Gespräch denkbar, indem beispielsweise die Vorstellungen unterschiedlicher Kinder verglichen und offengelegt werden, als auch in der individuellen Lernbegleitung während Einzel- und Gruppenarbeitsphasen.

Anregung und Strukturierung von Lernprozessen in Gesprächen

Welche Möglichkeiten hat die Fach- bzw. Lehrkraft, Lernprozesse anzuregen und zu strukturieren? Wichtig ist, die Kinder immer wieder aufzufordern und zu ermutigen, eigene Gedanken zu äußern und zu begründen. Den Kindern muss glaubhaft versichert werden, dass jede Idee wichtig ist, auch wenn sie sich am Ende als unzutreffend erweist.

In der Lehr-Lern-Situation gibt es verschiedene Möglichkeiten, das Denken der Kinder anzuregen und Lernsituationen inhaltlich so zu strukturieren, dass möglichst alle dem Geschehen folgen können. Bewährte Vorgehensweisen der Fach- bzw. Lehrkraft sind:

- kindliche Äußerungen zurückspiegeln
- Begründungen und Belege einfordern
- Unterschiede oder Widersprüche zwischen unterschiedlichen Äußerungen herausstellen
- zum Weiterdenken ermutigen
- Transferüberlegungen anregen
- beim Formulieren, Darstellen und Notieren von Ideen unterstützen
- wichtige Aussagen betonen
- wichtige Erkenntnisse zusammenfassen
- Gesprächsregeln vereinbaren

Anregung und Strukturierung von Lernprozessen durch Lernaufgaben

Auch Lernaufgaben bieten gute Möglichkeiten, Lernprozesse anzuregen, zu strukturieren und zu unterstützen. Wichtig ist dabei, das Anforderungsniveau einer Aufgabe passend zu wählen. So ist z. B. wesentlich, ob eine Aufgabenstellung lediglich das Abrufen von zuvor gelernten Fakten oder aber die eigenständige Untersuchung und Bewertung einer Situation durch geeignete naturwissenschaftliche bzw. technische Verfahren verlangt. Zu beachten ist zudem, dass die Auswahl passender Aufgaben nicht unabhängig vom Vorwissen der Lernenden möglich ist. Bei Lernaufgaben sollten deshalb auch Möglichkeiten der Differenzierung vorgesehen werden.

Lernaufgaben können einen Lernprozess strukturieren, indem Teilaufgaben in eine geeignete Abfolge gebracht werden, die für den Aufbau von Kompetenzen hilfreich ist. Bei der Gestaltung von Lernaufgaben sind folgende Fragen zu klären:

- In welche Teilaspekte kann eine komplexe Fragestellung sinnvoll untergliedert werden?
- Welches Vorwissen, welche Kompetenzen sind nötig, um bestimmte Teilaspekte der Aufgabe zu bearbeiten?
- Welche Lernschwierigkeiten sind aufseiten der Lernenden zu erwarten?
- Wie kann man den Lernschwierigkeiten in Teilaufgaben gezielt begegnen?
- Wie lassen sich die Lernwege der Kinder durch eine geeignete Sequenzierung von Teilaufgaben strukturieren?

Von der Einschätzung der Lernwege und Lernschwierigkeiten wird abhängen, welche Abfolge von Lernaufgaben sich anbietet und wie eine ergänzende individuelle Unterstützung der Lernprozesse aussehen kann.

Die im Handbuch dargestellten Lernsituationen zum Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen* greifen diese grundlegenden Überlegungen zum Lernen auf. Sie berücksichtigen bereits vorhandene Vorstellungen und mögliche Lernschwierigkeiten, sind sequenziell aufgebaut und enthalten Hinweise auf anregende und strukturierende Maßnahmen der Fach- bzw. Lehrkraft sowie zur Differenzierung von Lernaufgaben.

3

Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* in einem bildungsstufenübergreifenden Curriculum

3 Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* in einem bildungsstufenübergreifenden Curriculum

3.1 Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* als Gegenstand naturwissenschaftlicher und technischer Bildung

Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* bietet für alle Altersstufen reichhaltige Lerngelegenheiten und Möglichkeiten zum Anknüpfen an Interessen und alltägliche, spielerische Vorerfahrungen. Es eignet sich daher hervorragend für ein Spiralcurriculum vom Elementarbereich bis zum Anfangsunterricht des Sekundarbereichs. Im Folgenden werden mögliche Zugänge und Kontexte aufgezeigt.

In vielen Situationen ihres Alltags begegnen bereits junge Kinder Phänomenen, die mit Kräften und Gleichgewicht in Verbindung stehen. Sie staunen, beobachten und stellen Fragen: Wie lässt sich ein Turm möglichst hoch bauen, ohne umzukippen? Können Bauklötze nach außen überstehen, ohne dass der Turm zusammenfällt? Wie lässt sich wippen, wenn auf der einen Seite nur ein Kind sitzt, auf der anderen Seite jedoch zwei Kinder sitzen? Was hilft mir, einen sehr schweren Gegenstand zu heben? Was unterscheidet das Fahrradfahren in einem großen Gang vom Fahren in einem kleinen? An diese Fragen lässt sich in Bildungsangeboten der Kita und im Unterricht anknüpfen. Die Lernenden können dabei relevante Erfahrungen zu Kräften, Gleichgewicht, schiefen Ebenen und Hebeln machen, neues Wissen aufbauen und auf Phänomene und technische Gegenstände aus dem Alltag anwenden.

Im Alltag und in der Technik spielen Kräfte und Gleichgewicht, Hebel und weitere Hilfsmittel zum Vergrößern oder Verkleinern von Kräften eine große Rolle. Manchmal ist das erst auf den zweiten Blick ersichtlich: Fernsehtürme, Wolkenkratzer oder „Menschen-Pyramiden“ müssen standfest gebaut sein. Während der Evolution haben sich Muskeln und Skelett des Menschen zu einem hochkomplexen „Apparat“ entwickelt, der auf raffinierte Weise Bewegungen mit unterschiedlichsten Kräften ermöglicht. Mit Flaschenöffner, Zange und Schraubendrehern lassen sich die eigenen Kräfte vergrößern. Ob Fahrrad, Motorrad oder Auto – jedes Gefährt sollte kleinere und größere Gänge aufweisen; Ketten-, Riemen- oder Zahnradgetriebe machen dies möglich. Bei vielen Alltagsbeispielen handelt es sich um technische Gegenstände bzw. Vorgänge. Aus diesem Grund ist das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* geradezu prädestiniert, um Naturwissenschaften und Technik fächerübergreifend zu vernetzen.

Die Entwicklung der Menschheit wurde immer wieder durch Bauten, Vorgänge und Werkzeuge geprägt, in denen Kräfte und Gleichgewicht eine zentrale Rolle spielen: Menschen bau(t)en Häuser, von einfachen Holz- und Lehmhütten bis hin zum aktuell höchsten Gebäude der Welt, dem 828 Meter hohen Burj Khalifa-Wolkenkratzer in Dubai. Pharaonen, Königinnen und Präsidenten bauten Pyramiden, Schloss- und Kirchtürme, den Turm zu Babel und den Eiffelturm. Tüftlerinnen und Bastler entwickelten Werkzeuge und Geräte, die aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken sind, z. B. Sahneschläger, Nussknacker, Waage, Türklinke, Schubkarre, Kran und Schraubenschlüssel. Die Entwicklung der Verkehrsmittel wäre nicht so stürmisch erfolgt, gäbe es nicht Kugellager, Pedale, Steuerknüppel, Kettenschaltung oder Getriebe.

Die erwähnten Fragen von Kindern, die aufgeführten Alltagsgeräte und historischen Beispiele zeigen: Das Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* stellt für die Naturwissenschaften, insbesondere für die Physik, aber auch für die Technik, die Geschichte, den Sport und die Hauswirtschaft, einen wichtigen fächerübergreifenden Themenbereich dar. Es lassen sich einerseits zentrale naturwissenschaftliche Begriffe und Konzepte wie „Kraft“, „Schwerpunkt“, „Hebel“, „Gleichgewicht“ und „Reibung“ erarbeiten. Andererseits können grundlegende naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen wie das Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten sowie technische Arbeits- und Denkweisen wie das Konstruieren, Optimieren und Evaluieren gefördert werden. Gerade die genannten technischen, prozessbezogenen Arbeits- und Denkweisen (vgl. Kap. 3.2.2, zweiter Teil mit den „prozessbezogenen Kompetenzen Technik“) bilden ein Alleinstellungsmerkmal des Spiralcurriculums *Kräfte und Gleichgewicht*.

Die vorgeschlagenen Bildungsangebote zum Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* setzen – wie bereits bei den Spiralcurricula *Magnetismus* sowie *Schwimmen und Sinken* – an den Vorerfahrungen und der Neugier der Lernenden an. So geht es im Elementarbereich zunächst darum, auf die Phänomene aufmerksam zu machen und sie spielerisch-explorativ zu erkunden, sei es beim Bau von Türmen, bei der Verwendung von Rollen oder Rampen oder bei der Wippe. Im Primarbereich untersuchen die Lernenden die Phänomene genauer, d. h. sie beschreiben die wirkenden Kräfte qualitativ, setzen sich mit der Standfestigkeit von Türmen auseinander, erzeugen Gleichgewicht bei Mobiles und

balancierenden Figuren, erproben Maßnahmen zur Verminderung der Reibung und erarbeiten das Hebelgesetz sowie die Übersetzung beim Fahrrad qualitativ. Im Sekundarbereich werden physikalische und technische Fragen sowohl qualitativ als auch quantitativ erarbeitet: In welchem Verhältnis müssen Last- und Kraftarm stehen, um eine Kraft um einen bestimmten Faktor zu erhöhen? Wie lassen sich Geschwindigkeiten, Drehzahlen oder Kräfte bei Kettenschaltung oder Zahnradgetrieben gezielt verändern?

Die bisherigen Ausführungen zeigen, dass das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* eine große Alltagsnähe aufweist und für die Naturwissenschaften – wie auch für die Technik – einen zentralen Inhaltsbereich darstellt, der in vielen alltäglichen Anwendungen eine Rolle spielt. Es bietet dadurch unterschiedliche Zugänge und Kontexte, die für altersgemäße Bildungsangebote im Elementar-, Primar- und Sekundarbereich genutzt werden können. Darüber hinaus besitzt das Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* – wie bereits die Spiralcurricula *Magnetismus* sowie *Schwimmen und Sinken* – besondere didaktische und unterrichtsmethodische Potenziale. Vor allem eignet es sich gut für forschend-entdeckend und problemlösend angelegte Lernsituationen. Viele grundlegende Versuche lassen sich mit vertretbarem Materialaufwand als Schülerversuche durchführen. Einfache Konstruktionsaufgaben können von den Schülerinnen und Schülern selbstständig gelöst werden. Auch Lernende mit geringen Vorerfahrungen können so zentrale Vorstellungen zum Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* entwickeln. Das breite Themenspektrum und die unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade der zu erarbeitenden Aspekte bieten zudem gute Möglichkeiten zur individuellen Förderung und zur eigenständigen Vertiefung des Themenfeldes. Die Vielzahl an relativ leicht zu realisierenden Versuchen und Konstruktionen zu Kräften und Gleichgewicht bietet darüber hinaus beste Voraussetzungen für das Erlernen naturwissenschaftlicher und (!) technischer Arbeits- und Denkweisen.

Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* taucht in fast allen Bundesländern in den Lehrplänen oder Kerncurricula für den Primar- und Sekundarbereich auf und wird auch in vielen Bildungs- und Orientierungsplänen für den Elementarbereich erwähnt. Eine Abstimmung zwischen den Bildungsinstitutionen erweist sich als notwendig, um simple Wiederholungen zu vermeiden und kontinuierliche Lernwege zu ermöglichen. Hier setzt das vorliegende Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* an. Vom Elementar- über den Primar- bis zum Sekundarbereich werden systematisch inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen in den jeweiligen Bildungsstufen in aufeinander aufbauenden Lernsituationen entwickelt, differenziert und erweitert.

3.2 Naturwissenschaftliche und technische Bildung von Anfang an

Dass naturwissenschaftliche und technikbezogene Inhalte bereits von der Kita an wichtige Dimensionen grundlegender Bildung sind, findet inzwischen breite Akzeptanz. Zu einer entsprechenden Grundbildung gehören:

- naturwissenschaftliches und technisches *Wissen* sowie die *Fähigkeit*, dieses Wissen in verschiedenen Kontexten anwenden zu können
- die *Fähigkeit*, naturwissenschaftlich und technisch zu arbeiten und darüber zu reflektieren
- die *Bereitschaft*, sich mit naturwissenschaftlichen und technischen Themen zu beschäftigen und sich kritisch reflektierend damit auseinanderzusetzen

Naturwissenschaftliches und technisches Wissen lässt sich in *inhaltsbezogenes Wissen* und *prozessbezogenes Wissen* differenzieren. Inhaltsbezogenes Wissen bezieht sich auf naturwissenschaftliche bzw. technische Konzepte und Zusammenhänge; prozessbezogenes Wissen umfasst Wissen über die Art und Weise, wie in den Naturwissenschaften und in der Technik gearbeitet wird, sowie Wissen darüber, was das Wesen bzw. die Natur der Naturwissenschaften und der Technik kennzeichnet (dieser letzte Aspekt wird im Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* allerdings nicht thematisiert).

Naturwissenschaftliches bzw. technisches Wissen und entsprechende Bildungsprozesse lassen sich nicht direkt beobachten. Aus diesem Grund haben wir direkt beobachtbare und konkrete Verhaltensweisen formuliert, die als Indikatoren für das angestrebte anwendungsbezogene und flexible individuelle Wissen zu verstehen sind. Diese Verhaltensweisen bezeichnen wir als Kompetenzen. Die Kompetenzen beziehen sich – analog zum naturwissenschaftlichen und technischen Wissen – sowohl auf die Inhalte als auch auf die Prozesse. Wir bezeichnen diese beiden Bereiche im Folgenden als inhaltsbezogene bzw. prozessbezogene Kompetenzen.

Die nachfolgende Übersicht stellt die Kompetenzen und das zugehörige naturwissenschaftliche und technische Wissen dar (s. Tab. S. 20).

In den beiden folgenden Kapiteln (Kap. 3.2.1 und 3.2.2) werden die zum Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* gehörenden inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen vorgestellt, die nach unseren Untersuchungen im Elementar-, Primar- und Sekundarbereich erreichbar sind. Das zugeordnete Wissen wird dabei knapp skizziert, um die Bedeutung des Wissens im Zusammenspiel mit den Kompetenzen zu betonen. Weitere Konkretisierungen hinsichtlich des Wissens und zugeordneter Kompetenzen finden sich in den Ausführungen zu

Naturwissenschaftliches und technisches Wissen	Naturwissenschaftliche und technische Kompetenzen	Konkretisierungen für die drei Bildungsstufen
Inhaltsbezogenes Wissen Wissen über naturwissenschaftliche und technische Konzepte und Zusammenhänge	**Inhaltsbezogene Kompetenzen** Naturwissenschaftliches und technisches Wissen anwenden	Kap. 3.2.1
Prozessbezogenes Wissen Wissen über naturwissenschaftliche und technische Arbeits- und Denkweisen	**Prozessbezogene Kompetenzen** Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken	Kap. 3.2.2

Inhalts- und prozessbezogenes Wissen sowie zugeordnete Kompetenzen

den vorgeschlagenen Unterrichtssequenzen (vgl. Kap. 5).

Die für die jeweiligen Bildungsstufen vorgeschlagenen Kompetenzen bauen aufeinander auf. Damit wird die Anschlussfähigkeit der Bildungsprozesse gewährleistet und eine kontinuierliche Kompetenzentwicklung ermöglicht.

Neben inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen ist auch der Ausbau von motivationalen, sozialen und sprachlichen Kompetenzen ein bedeutender Gegenstand naturwissenschaftlicher und technischer Bildung. Diese Aspekte haben bei der Gestaltung der Lernsituationen eine wichtige Rolle gespielt; sie werden hier aber nicht gesondert aufgeführt.

Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* verbindet die Naturwissenschaften und die Technik miteinander. Fast alle Teilaspekte dieses Themenfeldes haben physikalische Grundlagen, die von den Kitakindern und Schülerinnen und Schülern entdeckt werden können. Darüber hinaus werden diese physikalischen Grundprinzipien, z. B. das Hebelgesetz, in technischen Geräten benutzt, um z. B. Kraft zu sparen. Das Wiederfinden solcher physikalischen Grundgesetze in technischen Geräten und das Nutzen dieser Grundlagen, um funktionsfähige technische Gebilde zu konstruieren, ist ebenfalls Gegenstand des vorliegenden Curriculums. Dabei sind die naturwissenschaftlichen und technischen Bezüge nicht unbedingt voneinander abgrenzbar; insbesondere gilt dieses für den Elementar- und Primarbereich. Beide Bereiche ergänzen sich vielmehr; so können erarbeitete naturwissenschaftliche Gesetze bezüglich ihrer Anwendung in technischen Gebilden erkundet werden, und analysierte Funktionszusammenhänge in technischen Gebilden können das Erarbeiten naturwissenschaftlicher Gesetze unterstützen.

Entsprechend geht es bei dem Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* nicht nur um die Förderung naturwissenschaftlicher, sondern auch um die Förderung technischer Kompetenzen.

3.2.1 Inhaltsbezogene Kompetenzen

Die folgende Tabelle (s. Tab. S. 22) benennt inhaltsbezogene Kompetenzen (IK) für den Elementarbereich, den Primarbereich sowie die Jahrgangsstufen 6 bis 8 des Sekundarbereichs zum Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht*, wie sie in den von uns vorgeschlagenen Sequenzen angestrebt werden.

Die sieben inhaltsbezogenen Kompetenzen (IK 1 bis 7) sind nach thematischen Aspekten des Spiralcurriculums *Kräfte und Gleichgewicht* in drei Themenbereiche untergliedert, um einen schnellen Überblick zu ermöglichen:

- Kräfte und ihre Wirkungen
- Stabilität und Gleichgewicht
- Kraft sparen durch einfache Maschinen (schiefe Ebene, Hebel und Getriebe)

Als Einführung in die drei Themenbereiche finden sich in der Tabelle jeweils kurze Erläuterungen, die den Leserinnen und Lesern einen Überblick verschaffen sollen. Genauere Erläuterungen und Erklärungen zum Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* finden sich in Kapitel 4.

Zu den oben genannten drei Themenbereichen sind anzustrebende Kompetenzen der Lernenden für die Bildungsstufen des Elementar-, Primar- und Sekundarbereichs beschrieben. Die Tabellenspalten enthalten die aufgrund unserer Untersuchungen als möglich angesehenen, erreichbaren Kompetenzen. Die Anordnung der Kompetenzen in Spalten zeigt, wie sich Wissen einerseits durch Erarbeitung verschiedener Konzepte (vertikal) und andererseits durch Vertiefungen, Differenzierungen und Erweiterungen (horizontal) über die verschiedenen Bildungsstufen entwickeln kann. Verfügen Schülerinnen und Schüler im Primar- bzw. Sekundarbereich nicht über die zuvor angegebenen Kompetenzen, so sind diese zunächst aufzubauen.

Im Folgenden werden die drei inhaltlichen Themenbereiche mit ihren insgesamt sieben inhaltsbezogenen Kompetenzen IK 1 bis IK 7 und deren Erwerb kurz zusammengefasst. Vorab sei bemerkt, dass die inhaltsbezogenen Kompetenzen naturwis-

senschaftliche und technische Inhalte betreffen; auf eine Unterscheidung zwischen Naturwissenschaften und Technik wird – im Gegensatz zu den prozessbezogenen Kompetenzen (vgl. Kap. 3.2.2) – bewusst verzichtet, da es zu viele inhaltliche Überlappungen gibt. Zudem sei angemerkt, dass die Reihenfolge der Themenbereiche und Kompetenzen je nach Schulstufe variiert; Ziel ist jeweils, möglichst optimal an das Vorwissen der Kinder anknüpfen zu können.

Kräfte und ihre Wirkungen

IK 1: Lernende des Primarbereichs erforschen und beschreiben den Zusammenhang zwischen Kräften und Bewegungen bei leichten und schweren Gegenständen. Im Sekundarbereich werden Kräfte, Bewegungen und Zusammenhänge differenzierter analysiert, wenn es u. a. um das Messen von Kräften mit Federkraftmessern geht, um das Prinzip Actio und Reactio oder um den Unterschied zwischen Masse und Gewichtskraft. Bei Kindern des Elementarbereichs wird auf eine Erarbeitung des Kraftbegriffs wegen der Abstraktheit noch verzichtet.

IK 2: Hier steht die Reibung im Zentrum. Im Elementarbereich lernen die Kinder das Haften, Gleiten und Rollen von Gegenständen auf unterschiedlichen Böden kennen. Schülerinnen und Schüler des Primarbereichs untersuchen systematisch die Reibung auf rauen und glatten Flächen und lernen Räder und Rollen als reibungsverkleinernd kennen. Im Sekundarbereich vergleichen die Lernenden Haft-, Gleit- und Rollreibung und erforschen, von welchen Faktoren die Reibung abhängt.

Stabilität und Gleichgewicht

Bereits junge Kinder bringen zu diesem Themenbereich viele Alltagserfahrungen mit, an die sich anknüpfen lässt, so der Bau von Türmen oder das Wippen auf dem Spielplatz.

IK 3: Kinder des Elementarbereichs lernen Bausteine verschiedener Materialien, Größen, Formen und Oberflächen sowie den Einfluss dieser Eigenschaften auf den Bau von Gebilden kennen. Im Primarbereich konstruieren die Lernenden Türme, die Seitenwind standhalten, und sammeln erste Erfahrungen mit deren Standfestigkeit und damit, wie sich diese verbessern lässt. Im Sekundarbereich werden dann der Begriff des „Körperschwerpunkts“ und die Bedeutung von dessen Lage für die Stabilität eines Gebäudes bzw. eines Körpers explizit erarbeitet.

IK 4: Die Vier- bis Sechsjährigen nähern sich auf spielerisch-explorative Weise der Wippe; sie beschreiben, wie sich eine Wippe bei verschiedenen Gewichten bzw. Bauklötzen und deren unterschiedlichen Abständen zur Mitte ins Gleichgewicht bringen lässt. Schülerinnen und Schüler des Primarbereichs erforschen Gleichgewichte nicht mehr an der Wippe, sondern – abstrakter – an einem frei drehbar aufgehängten Stab (Mobile); sie entdecken, wie sich mit der Variation des Abstands von der Mitte, d. h. der Länge des Hebelarms, eine waagerechte Lage des Stabs erreichen lässt. Lernende des Sekundarbereichs formulieren das Hebelgesetz, um damit Gleichgewichtszustände qualitativ und quantitativ zu beschreiben.

Kraft sparen durch einfache Maschinen

Bei diesem Themenbereich setzt der Aufbau inhaltsbezogener Kompetenzen erst im Primarbereich ein, da der Themenbereich für den Elementarbereich noch zu anpruchsvoll ist.

IK 5: Im Primarbereich entdecken die Schülerinnen und Schüler die Vorteile von Rampen: Lasten lassen sich leichter nach oben transportieren, als wenn man sie senkrecht hochhebt; allerdings verlängert sich der zurückgelegte Weg der Last. Im Sekundarbereich entdecken die Lernenden weitere Möglichkeiten, wie lose Rollen oder Flaschenzüge, um Lasten leichter nach oben zu heben.

IK 6: Die Lernenden des Primarbereichs erforschen qualitativ, wie sich mit einem Hebel die notwendige Kraft reduzieren lässt, dies allerdings auf Kosten eines längeren Wegs; sie erkennen bei Alltagsdingen ein- und zweiseitige Hebel mit ihren Drehpunkten, Last- und Kraftarmen. Schülerinnen und Schüler des Sekundarbereichs quantifizieren die Zusammenhänge; sie formulieren das Hebelgesetz sowie die Goldene Regel der Mechanik und nutzen diese für einfache Vorhersagen bzw. Berechnungen.

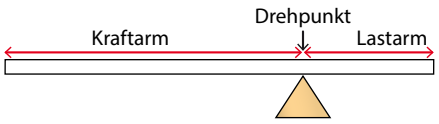
IK 7: Im Primarbereich werden anhand des Fahrrads Riemen- und Kettenantrieb konstruiert, und es werden Kraftaufwand und Rollweite bei kleinen und großen Gängen qualitativ verglichen. Im Sekundarbereich werden Übersetzungen und Getriebe quantitativ erfasst, d. h. Veränderungen bei Kräften, Wegen, Geschwindigkeiten, Drehzahlen und Drehrichtung mathematisch berechnet.

In den Beschreibungen der Sequenzen für die jeweilige Bildungsstufe (vgl. Kap. 5) werden zu Beginn diejenigen Kompetenzen mit dem dazu gehörigen inhaltlichen Wissen explizit aufgelistet, zu deren Entwicklung die jeweilige Sequenz einen Beitrag leisten soll. Dabei wird die Nummerierung der Kompetenzen aus den folgenden Tabellen aufgegriffen, um die entsprechenden Kompetenzen in der Tabelle identifizieren und sich einen Eindruck über die vorauslaufenden bzw. nachfolgenden Kompetenzen verschaffen zu können.

Naturwissenschaftliches und technisches Wissen anwenden – Konkretisierung in Niveaustufen (Bereich *Kräfte und Gleichgewicht*)

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
	Kräfte und ihre Wirkungen Kraft ist eine physikalische Größe, die nicht unmittelbar erfassbar oder messbar ist. Kraft lässt sich nur an ihrer Wirkung erkennen. Eine Bewegungsänderung oder Verformung eines Körpers sind die Folgen einer wirkenden Kraft: Gegenstände können durch auf sie einwirkende Kräfte aus dem Ruhezustand in Bewegung versetzt, beschleunigt, abgebremst, in ihrer Bewegungsrichtung verändert oder verformt werden. Damit bei schwereren Gegenständen eine Bewegungsänderung erzeugt werden kann, muss eine größere Kraft wirken als bei leichteren Gegenständen. Kräfte haben einen Ansatzpunkt, einen Betrag und eine Richtung. Bei genau entgegengesetzt wirkenden, unterschiedlich großen Kräften entsteht eine Bewegung in die Richtung, in welche die größere Kraft wirkt. Haben die Kräfte den gleichen Betrag, heben sie sich auf – der Gegenstand bleibt im vorherigen Bewegungszustand. Kräfte, die in dieselbe Richtung wirken, addieren sich in ihrem Betrag. Wenn Körper sich berühren, treten Reibungskräfte auf. Diese hemmen oder verhindern das Rollen oder Gleiten der sich berührenden Körper, wenn einer von ihnen in Bewegung versetzt wird. Je nach der Art der Bewegung der Körper aufeinander, unterscheidet man zwischen Haftreibung, Gleitreibung und Rollreibung. Durch die Reibungskräfte wird ein Teil der beim Körper vorhandenen Bewegungsenergie in Wärme umgesetzt (auf die Unterscheidung zwischen Wärme und innerer Energie wird an dieser Stelle verzichtet).		
IK 1		• beschreiben, dass eine auf Gegenstände wirkende Kraft diese (ruhenden) Gegenstände in Bewegung versetzen (bzw. abbremsen) kann. • beschreiben, dass bei einem schwereren Gegenstand eine größere Kraft wirken muss als bei einem leichteren Gegenstand, damit er in Bewegung versetzt wird. • beschreiben, dass bei entgegengesetzt wirkenden, unterschiedlich großen Kräften eine Bewegung in die Richtung entsteht, in welche die größere Kraft wirkt, und dass sich gleich große, entgegengesetzt wirkende Kräfte aufheben. • beschreiben, dass sich Kräfte, die in dieselbe Richtung wirken, verstärken.	• beschreiben, was man unter dem physikalischen Begriff Kraft versteht und welche Wirkungen Kraft hervorruft. • beschreiben das Prinzip Actio und Reactio. • messen mit einem Federkraftmesser die Kraft. • unterscheiden Masse und Gewichtskraft. • erläutern den Zusammenhang zwischen Masse und Gewichtskraft. • beschreiben, dass Kräfte Bewegungen verändern und Dinge verformen können.
IK 2	• beschreiben das Haften, Gleiten und Rollen unterschiedlicher Gegenstände auf einer Holzrampe. • beschreiben, wie unterschiedliche Böden der Holzrampen das Haften bzw. Gleiten und Rollen der Gegenstände beeinflussen.	• beschreiben Reibung als eine Kraft, die überwunden werden muss, damit ein Gegenstand in Bewegung versetzt wird oder in Bewegung bleibt. • geben an, dass weniger Kraft gebraucht wird, wenn ein Gegenstand über eine glatte Fläche geschoben wird als wenn der Untergrund rau ist.	• begründen, dass Reibung sowohl nützlich als auch störend sein kann. • benennen die Faktoren, die Reibung beeinflussen: - Je größer die Kraft, die zwischen Unterlage und Körper herrscht, desto größer ist die Reibung.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
		• geben an, dass durch Einsatz von Rollen bzw. Rädern (im Vergleich zum Schieben/Ziehen) die Reibung zwischen einem zu transportierenden Gegenstand und dem Boden verringert wird. • begründen die Kraftersparnis beim Einsatz von Rollen damit, dass die Rollen über den Untergrund abrollen statt sich daran zu reiben. • beschreiben, wie sich das Rad im Lauf der Geschichte weiterentwickelt hat und nennen die wesentlichen Entwicklungsschritte. • konstruieren ein Fahrzeug aus Alltagsmaterialien, bewerten es in Hinblick auf unerwünschte Reibung und optimieren das Fahrzeug.	- Die Reibung ist größer, wenn ein Gegenstand aus dem Stillstand in Bewegung versetzt wird (Haftreibung) als wenn er gleitet (Gleitreibung). - Je glatter die Oberflächenstrukturen der Kontaktflächen, desto geringer ist die Reibung. - Die Rollreibung ist geringer als die Gleitreibung.
	Stabilität und Gleichgewicht Das Erreichen von Stabilität ist eine der Grundaufgaben der Technik. Technische Gebilde müssen so stabil gebaut sein, dass sie den einwirkenden Kräften standhalten. Die Lernenden erschließen sich das Herstellen von Stabilität, Standfestigkeit und Gleichgewicht durch das Bauen mit Bausteinen, die Vergrößerung der Standfläche von Türmen, die Schwerpunktverlagerung nach unten und Gegengewichte am Hebel. Wippe und Balkenwaage sind Beispiele für die Nutzung des Gleichgewichts bei technischen Geräten. Sie stellen einen zweiseitigen Hebel dar (also einen Balken oder Stab, der sich um einen Drehpunkt bewegt) und befinden sich im Gleichgewicht, wenn das Produkt aus Kraft mal Kraftarm und das Produkt aus Last mal Lastarm gleich sind.		
IK 3	• benennen und beschreiben Bausteine (Material, Form, Größe etc.) und vergleichen diese. • erproben, welche der Bausteine für das horizontale, flache Bauen (z. B. einer Mauer) geeignet sind. • beschreiben, dass die Form der Bausteine mit der Stabilität der horizontalen, flachen Bauten (z. B. Mauern) zusammenhängt. • beschreiben, dass die Anordnung der Holzklötze mit der Stabilität beim vertikalen, hohen Bauen (z. B. von Türmen) zusammenhängt. • bauen aus verschiedenen Bausteinen (stabile) Gebäude.	• konstruieren einen gegen seitlich einwirkende Kräfte (Wind) standfesten Turm. • geben an, dass die Standfestigkeit von technischen Gebilden (z. B. eines Turms) bei seitlich einwirkender Kraft durch Vergrößerung der Standfläche, durch Stützen oder durch zusätzliche Masse am Fuß des Turms erhöht werden kann. • nennen Alltagsgegenstände bzw. Situationen, bei denen diese Prinzipien zur Verbesserung der Standfestigkeit genutzt werden. • formulieren den Zusammenhang zwischen Standfläche bzw. unten angebrachtem Gewicht und Stabilität.	• grenzen den Ort des Schwerpunkts eines Körpers ein und benennen seine Eigenschaften. • beschreiben, dass die Lage des Körperschwerpunkts verantwortlich für die Stabilität eines Gleichgewichts ist. • benennen Konstruktionsmöglichkeiten, welche die Standfestigkeit von Körpern erhöhen.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
IK 4	• beschreiben, wie ein Holzklotz stabilisiert werden kann (Schieben, Gegengewicht), ohne dass er von einem anderen Holzklotz hinunterfällt. • beschreiben, wie man eine Wippe ins Gleichgewicht bzw. aus dem Gleichgewicht bringen kann. • nennen einzeln Gewicht/Größe (leichter/schwerer, mehr/weniger, größer/kleiner) und Abstand zur Mitte (näher dran/weiter weg) der Bauklötze (Last) und Länge der Wippenseiten (kürzer/länger) als mögliche Einflussfaktoren des Gleichgewichts der Wippe. • nennen eine Kombination von Gewicht/Größe (leichter/schwerer, mehr/weniger, größer/kleiner) und Abstand zur Mitte (näher dran/weiter weg) der Bauklötze (Last) und Länge der Wippenseiten (kürzer/länger) als mögliche Einflussfaktoren des Gleichgewichts der Wippe (als eine Differenzierung, die nicht von allen Kindern erreicht wird).	• beschreiben, dass ein frei drehbar aufgehängter Stab durch Verschieben oder Hinzufügen von Gewichten in eine waagerechte Lage gebracht werden kann. • beschreiben, dass bei Verlängerung eines Hebelarms weniger Gewicht und bei Verkürzung eines Hebelarms mehr Gewicht notwendig ist, um die waagerechte Lage (wieder) herzustellen. • bringen eine drehbare Figur durch unterhalb des Drehpunkts angebrachte Gewichte ins Gleichgewicht. • beschreiben, dass das Gewicht einer drehbaren Figur auf beiden Seiten gut verteilt sein muss, damit die Figur waagerecht sitzt.	• setzen die Hebellänge qualitativ und quantitativ in Beziehung zu der auftretenden Kraft (Hebelgesetz). • berechnen an einer Balkenwaage aus gegebenen Größen eine unbekannte Größe zur Herstellung eines Gleichgewichts.
	Kraft sparen durch einfache Maschinen (schiefe Ebene, Hebel und Getriebe) Einfache Maschinen, wie schiefe Ebene und Hebel, verändern die Größe von aufzubringenden Kräften. Sie werden mit dem Ziel eingesetzt, Kraft zu sparen, indem der Weg verlängert wird (Goldene Regel der Mechanik). Arbeitsprozesse lassen sich durch den Einsatz einfacher Maschinen dementsprechend kraftsparender gestalten. Das bedeutet aber nicht, dass weniger Arbeit eingesetzt werden muss, da physikalisch betrachtet die aufgewendete Arbeit, definiert als Kraft mal Weg, konstant bleibt. Bei der schiefen Ebene erspart der längere Weg, über den die Last transportiert wird, Kraft beim Nach-oben-Transportieren der Last; beim Hebel wirkt eine Verlängerung des Kraftarms kraftsparend. Ein Hebel besteht aus Kraftarm, Drehpunkt und Lastarm. Liegt der Lastarm auf dem Kraftarm, spricht man von einem einseitigen Hebel; ist dies nicht der Fall, von einem zweiseitigen Hebel. Zweiseitiger Hebel:  Wird z. B. ein Hebel (Schraubenschlüssel) eingesetzt, um eine Schraube fest zu drehen, so verringert der eingesetzte Hebel die aufzuwendende Kraft auf Kosten einer längeren Bewegung (je länger der Hebelarm, desto weniger Kraft muss aufgewendet werden). Die Basis für einfache Maschinen bildet die sogenannte Goldene Regel der Mechanik: Kraft mal Weg ist konstant. In Getrieben werden Hebel z. B. genutzt, um Übersetzungsverhältnisse zu verändern. So kann durch Variation des aufzubringenden Wegs die einzusetzende Kraft z. B. beim Antrieb des Fahrrads mittels eines ins Schnelle übersetzenden Ketten- oder Riemengetriebes verändert werden.		

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
IK 5		• geben an, dass eine Rampe das Nach-oben-Transportieren von Lasten erleichtert, weil weniger Kraft wirken muss als beim lotrechten Hochheben einer Last. • stellen einen Zusammenhang zwischen der Steilheit der Rampe und der Kraftersparnis her (je steiler, desto mehr Kraft ist notwendig). • finden durch den Vergleich unterschiedlich steiler Rampen heraus, dass die erforderliche Kraft bei weniger steilen Rampen geringer ist, dass aber der Weg, über den die Last hochgezogen werden muss, länger ist. • berichten, wo Rampen im Alltag eingesetzt werden und begründen, warum ihr Einsatz sinnvoll ist.	• erklären technische Anwendungen der Goldenen Regel der Mechanik in unterschiedlichen Formen (lose Rolle, Flaschenzug, schiefe Ebene, unterschiedlich große Räder auf der gleichen Achse).
IK 6		• beschreiben die Kraftersparnis bei einem längeren Kraftarm und geben an, dass dabei die Kraft über einen längeren Weg wirken muss. • nutzen einseitige und zweiseitige Hebel bei Alltagsgegenständen und beschreiben die Kraftersparnis (Türklinke, Nussknacker, Locher, Kneifzange etc.). • bestimmen bei Gegenständen aus dem Alltag Kraftarm und Drehpunkt.	• beschreiben qualitativ und quantitativ, dass das Hebelgesetz auch bei Bewegungen gilt und hilft, Kraft zu sparen (Goldene Regel der Mechanik). • nennen unterschiedliche Ausprägungen des Hebels und bestimmen Lastarm, Kraftarm und Drehpunkt. • beschreiben Anwendungen des Hebelgesetzes bei Alltagsgegenständen und können deren Hebelwirkung quantitativ bestimmen.
IK 7		• konstruieren einen Riemenantrieb (Fahrradgetriebe-Modell) mit Übersetzung ins Schnelle und mit einem Gang bzw. zwei Gängen. • beschreiben den Funktionszusammenhang beim Kettengetriebe des Fahrrads unter Nutzung der eingeführten Fachbegriffe (Zahnrad, Kette, Pedale, Vorderrad, Hinterrad). • beschreiben den Zusammenhang von Übersetzungsverhältnis und Rollweite des Fahrrads.	• erläutern, dass das Hebelgesetz auch dazu benutzt werden kann, um die Geschwindigkeit zu erhöhen. • vergleichen ein Rad mit einem „unendlichen Hebel“. • beschreiben die physikalischen Unterschiede zwischen einer Verbindung von zwei Rädern auf unterschiedlichen Achsen und einer Verbindung von zwei Rädern auf der gleichen Achse. • erläutern, wozu in der Technik Getriebe gebraucht werden.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
		• vergleichen den Kraftaufwand beim Treten in verschiedenen Gängen und setzen ihn in Beziehung zum zurückgelegten Weg. • erläutern den Nutzen einer Kettengangschaltung beim Fahrrad im Alltag.	• beschreiben die Unterschiede bei der Anwendung von Zahnrad und Ketten-/Riemenrad. • können Drehzahländerungen erläutern und mathematisch vorhersagen.

3.2.2 Prozessbezogene Kompetenzen im naturwissenschaftlichen und technischen Lernbereich

Da das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* sowohl naturwissenschaftliche als auch technische Bezüge enthält, geht es bei diesem Spiralcurriculum nicht nur um die Förderung naturwissenschaftlicher, sondern auch um die Förderung technischer prozessbezogener Kompetenzen.

Die prozessbezogenen Kompetenzen aus den Naturwissenschaften wurden bereits in den veröffentlichten Spiralcurricula *Magnetismus* sowie *Schwimmen und Sinken* aufgeführt und begründet. Die entsprechende Auflistung in Tabellenform wird im Folgenden übernommen (PK-N).

Diese Auflistung wird durch prozessbezogene Kompetenzen ergänzt, die wichtige Arbeits- und Denkweisen in der Technik darstellen (PK-T) und für den (vor)schulischen Bereich relevant sind. Die prozessbezogenen Kompetenzen in der Technik sind in einer zweiten Tabelle angeordnet. Sie lehnen sich in ihrer Systematik an den Perspektivrahmen Sachunterricht und die Standards des VDI (Verein Deutscher Ingenieure) für die technische Bildung im Sekundarbereich an. Zu berücksichtigen ist dabei, dass einige der unter naturwissenschaftlichen Kompetenzen aufgeführten Arbeits- und Denkweisen auch für technikbezogene Aufgaben gelten, z. B. das Dokumentieren und Beobachten.

In den nachfolgenden beiden Tabellen wird jede der oben aufgelisteten naturwissenschaftlichen bzw. technischen Arbeits- und Denkweisen zunächst kurz charakterisiert und das dazugehörige Wissen skizziert. Anschließend wird für jede naturwissenschaftliche bzw. technische Arbeits- und Denkweise konkretisiert, welche prozessbezogenen Kompetenzen (PK-N und PK-T) in diesem Spiralcurriculum realistisch angestrebt werden können. Die Kompetenzen sind auf verschiedenen Niveaustufen formuliert, um zunehmende Fähigkeiten über die Bildungsstufen hinweg beschreiben zu können. Grob lassen sich die Niveaustufen den drei im Projekt beteiligten Bildungsbereichen zuordnen: Elementarbereich, Primarbereich und Anfangsunterricht im Sekundarbereich. Dabei sind Angaben in höheren Niveaustufen als Differenzierung bzw. Erweiterung der vorherigen Kompetenzbeschreibungen zu verstehen. Die vorgenommene Nummerierung von PK-N und PK-T wird ebenso wie bei den inhaltsbezogenen Kompetenzen (IK) in den einzelnen Sequenzen (vgl. Kap. 5) aufgegriffen, damit sich die im Unterricht angestrebten Kompetenzen der Tabelle zuordnen lassen.

Die prozessbezogenen Kompetenzen können in ihrer Vielfalt selbstverständlich nicht vollständig mit dem Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* abgedeckt werden. Zur leichteren Orientierung sind die im Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* adressierten prozessbezogenen Kompetenzen schwarz, die nicht adressierten grau gedruckt.

Die folgenden Tabellen geben den Rahmen vor und bieten Orientierung, um die im Unterricht angestrebten Kompetenzen in den naturwissenschaftlichen und technischen Arbeits- und Denkweisen der jeweiligen Bildungsstufe verorten zu können.

Naturwissenschaftlich arbeiten und denken – Konkretisierung in Niveaustufen[1] [2] (PK-N)

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
	Fragen stellen Fragen bilden den Ausgangspunkt jeder zielgerichteten wissenschaftlichen Untersuchung. Die Frage beeinflusst in hohem Maß die Planung einer Untersuchung. Fragen sind jedoch nicht nur Ausgangspunkt, sondern oft auch das Ergebnis einer Untersuchung. In Bereichen, in denen kaum Erfahrungen vorliegen, kann unsystematisches Probieren und Herantasten erforderlich sein, um Fragen zu erzeugen.		
PK-N 1	• formulieren Fragen zu einem naturwissenschaftlichen Thema, die einem naturwissenschaftlichen und/oder allgemeineren Kontext entspringen.	• formulieren spezifische Fragen zu einem naturwissenschaftlichen Thema, die in einem naturwissenschaftlichen Kontext relevant sind. • leiten Fragen explizit aus Beobachtungen, Erfahrungen oder Vorwissen ab.	• formulieren Fragen, die sich mit naturwissenschaftlichen Verfahren untersuchen lassen. • benennen Merkmale von Fragen, die sich mit naturwissenschaftlichen Verfahren untersuchen lassen, und unterscheiden diese von Fragen, die sich nicht naturwissenschaftlich prüfen lassen.
	Vermutungen/Hypothesen bilden In der Wissenschaft bezeichnet eine Hypothese eine Annahme, die mit theoretischen (bzw. aus Generalisierungen gewonnenen) Überlegungen begründet werden kann. Die Annahme kann z. B. die Vorhersage über den Ausgang eines Experiments betreffen, sich aber auch auf komplexe Zusammenhänge zwischen Variablen beziehen. Sind es lediglich Einzelerfahrungen, aus denen eine Annahme abgeleitet wird, handelt es sich streng genommen nicht um eine Hypothese, sondern um eine Vermutung. Fehlen empirische Erfahrungen gänzlich, um die Annahme zu stützen, spricht man von einer Idee. Annahmen (Ideen, Vermutungen, Hypothesen) lassen sich in Untersuchungen prüfen. Ideen können so in Vermutungen oder (durch Generalisierung von empirischen Erfahrungen) in Hypothesen überführt werden. Wird eine Hypothese in einem Experiment bestätigt, stützt das Experiment die zugrunde gelegten theoretischen Überlegungen bzw. Generalisierungen. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Annahme oder die zugrunde gelegten Überlegungen damit als sicher gelten können. Es könnte z. B. die Annahme stimmen, nicht aber die Überlegungen, aus der sie abgeleitet wurde. Wird die Hypothese nicht bestätigt, ist ggf. eine Präzisierung oder Überarbeitung der theoretischen Überlegungen erforderlich.		
PK-N 2	• äußern Ideen und einfache Vermutungen über ein zu erwartendes Ereignis.	• formulieren Vermutungen zu Fragen oder Beobachtungen. • unterscheiden zwischen Vermutung und einfachem Raten.	• geben selbstständig angemessene Begründungen für Vermutungen und Hypothesen an.
	Begründen und Argumentieren Vermutungen, Hypothesen, Schlussfolgerungen oder Entscheidungen sollten von einer Begründung begleitet werden. Gründe können sich dabei auf eigene Erfahrungen, auf aus Untersuchungen gewonnene Daten oder theoretische Überlegungen beziehen. Die Naturwissenschaften zeichnen sich dadurch aus, dass die verwendeten Begründungen oft auf Daten zurückgehen; entsprechende empirische Belege werden auch als Evidenz bezeichnet. Die Verknüpfung einer Aussage (Vermutung bzw. Hypothese, Schlussfolgerung oder Generalisierung) mit Begründungen wird oft als Argumentation aufgefasst. Um andere zu überzeugen, kommt es darauf an, passende Argumente zu finden und angemessen vorzutragen.		

[1] Kompetenzen, die im Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* nicht angesprochen werden, sind in grauer Schrift gekennzeichnet.

[2] Die hier beschriebenen naturwissenschaftlichen Kompetenzen wurden von den Autoren des Spiralcurriculums *Magnetismus* entwickelt (vgl. Möller, K. (Hrsg.) (2013): *Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7. Klasse.* Seelze: Friedrich. S. 22–27 [in allen drei Bänden *Elementarbereich*, *Primarbereich* und *Sekundarbereich*]).

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
PK-N 3	• verwenden erste Ansätze von Begründungen, basierend auf Vorwissen, Erfahrungen oder Beobachtungen.	• begründen Vermutungen durch Vorwissen, Erfahrungen oder Beobachtungen. • geben Belege für die Rechtfertigung von Aussagen an und unterscheiden zwischen belegten und nicht belegten Aussagen. • begründen Schlussfolgerungen. • prüfen Begründungen und setzen ggf. Gegenargumente ein.	• verwenden geeignete Belege zur Begründung einer Aussage. • erkennen zur Begründung einer Aussage ungeeignete Belege. • widerlegen unzureichende Argumentationen durch Gegenargumente.
	Eine Untersuchung planen Die sorgfältige Planung einer Untersuchung kann wesentlich dazu beitragen, die Effektivität und die Aussagekraft einer Untersuchung zu erhöhen. Die Planung einer Untersuchung ist dabei eng mit der Fragestellung verknüpft. Nicht selten muss während der Planung der Untersuchung die Fragestellung präzisiert werden. Bei der Planung eines Experiments ist festzulegen, welche Variablen verändert werden (unabhängige Variablen) und welche untersucht werden sollen (abhängige Variablen). Zusätzlich ist zu klären, welche weiteren Faktoren den Ausgang der Untersuchung beeinflussen könnten. In einfachen Experimenten achtet man darauf, dass möglichst nur eine Variable gezielt verändert wird (Variablenkontrolle). Wenn es sich nicht vermeiden lässt, mehrere Variablen gleichzeitig zu verändern, müssen mögliche Einflüsse durch weitere Untersuchungen überprüft werden. Die Überlegungen zur Planung einer Untersuchung werden ergänzt durch einen Ablaufplan, der die Durchführung der Untersuchung gedanklich vorwegnimmt. Die Dokumentation der Planung einer Untersuchung ermöglicht die kritische Kontrolle des Vorgehens und trägt dazu bei, die Qualität der Untersuchung und ihrer Ergebnisse zu beurteilen.		
PK-N 4	• machen erste Vorschläge für einfache Untersuchungen.	• entwerfen einfache Versuche zur Beantwortung von Fragen und überlegen Arbeitsschritte zu deren Realisierung. • beurteilen, ob ein Versuch zur Prüfung einer Vermutung bzw. Beantwortung einer Frage geeignet ist. • entwerfen mithilfe der Lehrkraft kontrollierte Experimente zu einfachen Fragen. • benennen und unterscheiden bei Untersuchungen vorkommende Forschungstätigkeiten. • geben als eine Möglichkeit des Vorgehens bei Untersuchungen das Arbeiten in einem Forscherkreislauf an.	• erkennen Fehler im Zusammenhang mit der Variablenkontrolle. • begründen die Notwendigkeit der Variablenkontrolle. • entwerfen selbstständig kontrollierte Experimente zu einfachen Fragen.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
	Einen Versuch/ein Experiment aufbauen/durchführen Die Durchführung eines Versuchs oder eines Experiments erfordert, dass ein Plan möglichst präzise und sorgfältig ausgeführt wird. Auch der sachgerechte Umgang mit Geräten und Materialien ist unabdingbar, damit die Untersuchung zuverlässige Daten ergibt. In der Praxis schützt der sachgerechte Umgang mit Geräten auch vor unbedachten Beschädigungen oder vor Verletzungen. Anmerkung: Geht es vor allem darum, ein bestimmtes Phänomen zu erzeugen und daraus Schlussfolgerungen zu ziehen, spricht man von einem Versuch. Wenn das Vorgehen dagegen von einer bestimmten Fragestellung geleitet wird und gezielt bestimmte Beobachtungssituationen hergestellt werden, um diese Fragestellung zu klären, spricht man von einem Experiment.		
PK-N 5	• führen einfache Versuche nach Anleitung durch.	• bauen einfache Versuche oder Experimente nach Plan auf. • führen einfache Versuche oder Experimente durch.	• wählen Versuchsmaterial und Geräte sachgerecht aus. • bauen einen geplanten Versuch bzw. ein geplantes Experiment sachgerecht auf. • führen einen Versuch/ein Experiment sachgerecht durch.
	Beobachten Wissenschaftliches Beobachten ist im Gegensatz zu zufälligen Alltagsbeobachtungen immer zielgerichtet. Damit kann das Beobachten als eine eigenständige Erkenntnismethode verstanden werden. Beim Beobachten werden im Vergleich zum Experimentieren keine Variablen gezielt verändert. Beobachten ist darüber hinaus auch ein Teilschritt beim Experimentieren. Vorwissen und Erwartungen beeinflussen die Beobachtungen. Deshalb ist eine kritische Distanz zu den eigenen Beobachtungen wichtig. Beobachtungen sollten zudem auch mehrfach wiederholt werden, um die Zuverlässigkeit zu erhöhen. Um Beobachtungen vergleichen und nachprüfen zu können, sind die Bedingungen, unter denen die Beobachtungen durchgeführt werden, festzuhalten und offenzulegen. Standardisierte Prozeduren und Beobachtungsinstrumente unterstützen die Vergleichbarkeit von Daten.		
PK-N 6	• beobachten einzelne Merkmale zielgerichtet über einen kürzeren Zeitraum und beschreiben diese. • nennen den Beobachtungsfokus bei gezielten Beobachtungen.	• beobachten zielgerichtet, auch über einen längeren Zeitraum. • trennen zu beobachtende Ereignisse von Nebenereignissen.	• unterscheiden bei Beobachtungen zwischen wahrnehmbaren Ereignissen und Deutungen. • geben die Randbedingungen für die gemachte Beobachtung an. • begründen die Notwendigkeit einer Dokumentation der Randbedingungen bei einer Beobachtung.
	Messen Das Messen ist eine vielfach verwendete Vorgehensweise, um Beobachtungen zu quantifizieren und deren Vergleichbarkeit zu erhöhen. Jedes Messverfahren verlangt die Festlegung einer Maßeinheit. Messergebnisse können dann als Vielfache der Einheit mit einem Zahlenwert beschrieben werden. Für viele Messgrößen gab es in der Geschichte der Wissenschaft unterschiedliche Einheiten. Heute sind die gängigen Einheiten international festgelegt. Bei Messungen müssen Messunsicherheiten bedacht und möglichst minimiert werden.		
PK-N 7	• vergleichen Größen qualitativ (größer/kleiner, leichter/schwerer).	• nutzen Messgeräte sachgerecht (richtiges Anlegen der Messgeräte, richtiges Ablesen etc.). • beschreiben die Bedeutung des Abgelesenen. • interpretieren die angegebenen Einheiten.	• messen sorgfältig. • schätzen sorgfältiges Messen als ein wichtiges Verfahren zur Reduzierung von Messunsicherheiten ein.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
	Dokumentieren/Protokollieren/Daten aufbereiten Das sorgfältige Dokumentieren einer Untersuchung ist unverzichtbar, um die Untersuchung reproduzieren zu können und deren Ergebnisse sowie abgeleitete Schlussfolgerungen nachprüfbar und transparent zu machen. Dazu trägt auch eine übersichtliche und an der Fragestellung orientierte Aufbereitung der Daten in Tabellen oder grafischen Darstellungen bei. Die Aufbereitung der Daten soll dazu beitragen, die Schlussfolgerungen aus der Untersuchung nachvollziehbar zu machen.		
PK-N 8	• fertigen Zeichnungen von ihren Beobachtungen an und ordnen sie bildhaft in Tabellen.	• dokumentieren eine Untersuchung mittels Sprache und Zeichnung mit Unterstützung der Lehrkraft bzw. auf Arbeitsblättern mit vorgegebener Struktur. • strukturieren die Darstellung einer Untersuchung und ihres Ergebnisses selbstständig. • entwickeln und nutzen Symbole zur Dokumentation. • geben Kriterien für eine gute Dokumentation an.	• notieren im Rahmen der Dokumentation alle relevanten Parameter und deren Manipulation in nachvollziehbarer Weise. • wählen zielgerichtet angemessene Darstellungsformen aus.
	Vergleichen/Ordnen/Systematisieren Ein typisches Vorgehen, um Komplexität zu reduzieren und mögliche Zusammenhänge zu erschließen, ist das Vergleichen und Ordnen. Die Einteilung von Materialien hinsichtlich ihrer Eigenschaften ist ein einfaches Beispiel einer Ordnung. Das Periodensystem der Elemente ist ein weiteres, allerdings komplexes Beispiel einer naturwissenschaftlichen Ordnung. Auch bei wissenschaftlichen Untersuchungen sind das Vergleichen, Ordnen und Systematisieren wichtige Verfahrensschritte, um Schlussfolgerungen zu ziehen. Nicht selten führt das Ordnen zusätzlich zu neuen Fragen. Das Vergleichen mehrerer Objekte oder Daten setzt das Festlegen von Vergleichskriterien voraus, die häufig durch die zugrunde liegende Fragestellung beeinflusst sind. Unterschiedliche Vergleichskriterien führen entsprechend zu unterschiedlichen Ordnungen.		
PK-N 9	• benennen selbstständig mögliche Ordnungskriterien für Alltagsgegenstände. • vergleichen Gegenstände anhand eines vorgegebenen oder selbst entwickelten Kriteriums.	• benennen Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Beobachtungen, Ereignissen und Objekten. • nehmen Ordnungen nach unterschiedlichen Kriterien vor.	• nehmen selbstständig Ordnungen vor und benennen die jeweiligen Ordnungskriterien. • vergleichen unterschiedliche Ordnungen hinsichtlich ihrer Angemessenheit.
	Interpretieren/Schlussfolgern/Generalisieren Ziel naturwissenschaftlichen Arbeitens ist es, generalisierte Aussagen über Zusammenhänge zu treffen. Das Prüfen der Generalisierbarkeit einer Aussage, d. h. die Frage, inwieweit ein gefundener Zusammenhang auf andere Bereiche übertragbar und damit verallgemeinerbar oder gar allgemeingültig ist, bildet den Ausgangspunkt vieler naturwissenschaftlicher Untersuchungen. Ein einfaches Beispiel generalisierter Aussagen sind Wenn-dann- und Je-desto-Beziehungen: Aus Einzelbeobachtungen wird auf einen Zusammenhang geschlossen, der für einen bestimmten Bereich Gültigkeit besitzt. Andere Beispiele für generalisierte Aussagen sind naturwissenschaftliche Gesetze. Erschlossene Zusammenhänge bzw. Gesetze ermöglichen die Vorhersage von Ereignissen. Um Aussagen über Zusammenhänge bzw. Gesetze zu gewinnen, müssen die Daten aus naturwissenschaftlichen Untersuchungen interpretiert werden. Dabei ist zwischen Daten und Interpretationen zu unterscheiden. Die Zuverlässigkeit einer Schlussfolgerung aus empirischen Daten hängt von der Qualität aller Teilschritte einer Untersuchung ab.		

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
PK-N 10	• formulieren erste Generalisierungen im Sinne von einfachen Wenn-dann-Beziehungen aufgrund von Beobachtungen.	• unterscheiden zwischen Daten und Interpretation an gegebenen Beispielen. • ziehen Schlussfolgerungen im Sinne der Bestätigung oder Falsifikation einer Vermutung bzw. der Beantwortung einer Frage. • unterscheiden zwischen Ereignissen, die eine Annahme bestätigen bzw. widerlegen, und solchen, die irrelevant sind. • leiten aus einer Regel bzw. einem Gesetz Vorhersagen ab. • formulieren Generalisierungen im Sinne von Wenn-dann- oder Je-desto-Beziehungen aufgrund von Beobachtungen.	• trennen systematisch zwischen Beobachtung und Interpretation. • unterscheiden zwischen vergleichsweise sicheren und vorläufigen Generalisierungen (die auf der Basis weniger Fallzahlen entstanden sind).
	Modellieren Naturwissenschaftliche Modelle sind gedankliche Konstrukte, mit denen sich naturwissenschaftliche Zusammenhänge beschreiben lassen, die der menschlichen Wahrnehmung nicht unmittelbar zugänglich sind. Atommodelle sind Beispiele dafür. Sorgfältig zu unterscheiden ist zwischen dem naturwissenschaftlichen Modell (als Gedankenkonstrukt) und der gegenständlichen Veranschaulichung dieses Modells. Die besondere Bedeutung von Modellen besteht darin, dass sie Vorhersagen von Ereignissen ermöglichen. Modelle beinhalten immer Vereinfachungen. Modelle können nicht wahr oder falsch sein, sondern sind immer nur für bestimmte Zwecke geeignet, für andere Zwecke unter Umständen aber ungeeignet. Modellieren im weitesten Sinne bezeichnet das Überführen von aus Beobachtungen gewonnenen Zusammenhängen in ein theoretisches Gedankengebäude. So verstanden ist das Modellieren eine Arbeitsweise, die nahezu jede naturwissenschaftliche Forschungstätigkeit durchzieht.		
PK-N 11		• beschreiben bzw. entwerfen einfache Modelle und beschreiben ihre Vereinfachungen.	• treffen Vorhersagen auf der Grundlage von Modellen. • erklären Beobachtungen durch Modelle. • benennen Grenzen von Modellen.
	Arbeitsprozesse und -ergebnisse bewerten Naturwissenschaftliche Forschung bemüht sich um größtmögliche Objektivität. Dies setzt den ehrlichen Umgang mit Daten sowie eine kritische Haltung gegenüber den Ergebnissen und den Wegen der Erkenntnisgewinnung voraus. Das Erkennen von Veränderungs- und Verbesserungsmöglichkeiten in eigenen oder fremden Untersuchungen liefert Ansatzpunkte, um die Zuverlässigkeit von Schlussfolgerungen zu überprüfen (Reliabilität).		
PK-N 12		• erkennen grobe Fehler in naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen. • bewerten die Qualität ihrer Arbeiten und die der Arbeiten ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler.	• vergleichen alternative Vorgehensweisen. • reflektieren das eigene Vorgehen und benennen Ansatzpunkte für Verbesserungen.

Technisch arbeiten und denken – Konkretisierung in Niveaustufen[3] (PK-T)

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
	Technik herstellen und konstruieren Das Konstruieren und Herstellen von Artefakten (Dinge, die durch Menschen geschaffen sind) gehört zu den zentralen technischen Arbeits- und Denkweisen. Es umfasst das Verstehen einer Aufgabe oder eines Problems, das Entwerfen einer Lösung unter Berücksichtigung der gegebenen Rahmenbedingungen, das Planen des Fertigungsprozesses sowie die Fertigung und ggf. die Optimierung. Lernende konstruieren bzw. fertigen auf verschiedenen Kompetenzniveaus: Zu unterscheiden sind einfache und komplexe Aufgabenstellungen, Fertigungsprozesse mit mehr oder weniger Hilfen sowie nachvollzogene und selbst entwickelte Lösungsentwürfe sowie technische Versuche bzw. Experimente. Über das Konstruieren und Herstellen entwickeln Lernende Interesse für technische Funktionen und Zusammenhänge.		
PK-T 1	• führen einfache Fertigungsprozesse nach Anleitung ggf. mit Hilfestellungen durch. • finden durch Probieren Lösungen für einfache technische Aufgaben. • führen einfache technische Versuche nach Anleitung durch.	• führen Fertigungsprozesse nach Anleitung bzw. nach eigener Planung durch. • sind in der Lage, einfache technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, entsprechende Lösungsansätze zu entwerfen und zu realisieren. • führen technische Versuche durch bzw. beteiligen sich an der Entwicklung.	• planen Fertigungsprozesse inklusive der dafür notwendigen Materialien und Geräte und führen die Prozesse durch. • sind in der Lage, komplexe technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, technische Lösungen zu konstruieren, zu fertigen und zu optimieren. • entwickeln technische Experimente und führen diese durch.
	Technik erkunden, analysieren und verstehen Technische Gegenstände und Prozesse begegnen den Lernenden in ihrer alltäglichen Umgebung. Häufig jedoch sind Funktionen und Abläufe verdeckt bzw. erschließen sich erst bei aufmerksamer Beobachtung oder Untersuchung. Die Lernenden sollen an zunehmend komplexer werdenden technischen Gegenständen oder Prozessen zugrunde liegende Zusammenhänge erkunden und verstehen.		
PK-T 2	• entdecken und benennen technische Gegenstände und Prozesse im Alltag. • untersuchen einfache technische Gegenstände/Prozesse mit sichtbaren Elementen. • beschreiben einfache technische Zusammenhänge durch Wenn-dann-Formulierungen. • vergleichen technische Lösungen in der historischen Entwicklung (z. B. Handwäsche vs. Waschmaschine).	• untersuchen einfache technische Gegenstände/Prozesse mit teilweise verdeckten Elementen. • beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen). • analysieren zugängliche und bedeutsame technische Erfindungen.	• untersuchen komplexe technische Gegenstände bzw. Prozesse. • erklären technische Zusammenhänge mit zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten. • analysieren die Weiterentwicklung technischer Gegenstände bzw. Prozesse.
	Technik bewerten Technisches Handeln verfolgt das Ziel, einen angestrebten Zweck zu erreichen. Technische Gegenstände und Prozesse sind deshalb im Hinblick auf den angestrebten Zweck zu beurteilen. Auch Qualität, Ökonomie, Machbarkeit und die Originalität der technischen (auch der eigenen technischen) Lösungen sind wichtige Bewertungskriterien für technisches Handeln. Technische Gegenstände und Prozesse wirken zudem auf Menschen und Umwelt ein – durch Veränderung von Lebens- und Arbeitsweisen wie durch Umweltbelastungen. Insofern ist technisches Handeln immer auch vor dem Hintergrund unerwünschter Wirkungen zu bewerten. Lernende können an einfachen, ausgewählten Beispielen erste Kompetenzen im Bewerten des eigenen technischen Handelns, im Bewerten erstellter Problemlösungen wie auch im Bewerten technischer Entwicklungen erwerben.		

[3] Kompetenzen, die im Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* nicht angesprochen werden, sind in grauer Schrift gekennzeichnet.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klassenstufen 6–8
	Die Kinder …	Die Schülerinnen und Schüler …	Die Schülerinnen und Schüler …
PK-T 3	• vergleichen und bewerten technische Lösungen anhand einzelner (leicht erkennbarer; ggf. vorgegebener) Kriterien.	• vergleichen und bewerten technische Problemlösungen im Hinblick auf den technischen Zweck, Materialökonomie und Originalität. • beschreiben und analysieren an Beispielen Veränderungen des Lebens durch den Einsatz technischer Lösungen. • bewerten die Bedeutung technischer Entwicklungen für den Menschen, auch bezüglich unerwünschter Folgewirkungen.	• analysieren und beurteilen Probleme im Prozess des technischen Handelns, entscheiden sich für eine Lösung und begründen diese. • erkennen Zielkonflikte im technischen Handeln bei sich selbst und bei anderen. • bewerten Technik und ihre Auswirkungen anhand erarbeiteter Kriterien. • analysieren ambivalente Auswirkungen von Alltagstechnik und werten Handlungsspielräume aus.
	Technik kommunizieren Der Austausch von Ideen zur Lösung technischer Aufgaben/Probleme, das Lesen von Arbeitsanweisungen sowie das Dokumentieren von Konstruktionsergebnissen, erschlossenen Funktionsweisen, Herstellungsprozessen und Arbeitsabläufen erfordern technikspezifische Formen der Kommunikation. Die sprachliche Darstellung allein reicht dabei häufig nicht aus – Demonstrationen, Skizzen, die beschriftet werden können, reichern diese an. Kinder lernen an einfachen Beispielen, ihre Ideen sprachlich und zeichnerisch verständlich darzustellen und zu diskutieren, Erfasstes zu beschreiben sowie Ergebnisse zu dokumentieren. Die (noch nicht notwendigerweise technisch genormte) Zeichnung als Mittel der technischen Kommunikation wird sowohl in der Phase der Problemlösung als auch bei der Präsentation von Ergebnissen genutzt.		
PK-T 4	• beschreiben ihre Vorgehensweise mündlich. • dokumentieren ihre Vorgehensweise mit Fotos. • zeichnen ihr technisches Produkt. • berichten von Erfahrungen mit technischen Dingen.	• vermitteln, diskutieren und dokumentieren Ideen für technische Lösungen verständlich, unter Nutzung von Sprache, Zeichnung oder Demonstration. • lesen, verstehen und setzen einfache Anleitungen um und verfassen kürzere Anleitungen selbst. • recherchieren zu technischen Gegenständen, Entwicklungen und Erfindungen Informationen und teilen die Ergebnisse mit.	• bereiten Sachverhalte und Zusammenhänge in technischen Handlungsfeldern mit sprachlichen, grafischen und multimedialen Mitteln verständlich auf und dokumentieren und präsentieren sie. • lesen und interpretieren technikbezogene Texte (z. B. Betriebsanleitungen) sowie Zeichnungen, Skizzen, Diagramme und Pläne. • dokumentieren Ideen und Lösungen zu technischen Sachverhalten situations- und adressatengerecht in Texten Skizzen, Zeichnungen und Diagrammen. • recherchieren in von Technik bestimmten Situationen gezielt nach Informationen aus verschiedenen Quellen (z. B. Bücher, Fachzeitschriften, Internet, Experten), wählen Informationen aus, dokumentieren sie und teilen sie mit.

4

Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* im Sekundarbereich

4 Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* im Sekundarbereich

4.1 Fachlicher Hintergrund

Kräfte beschreiben

Im vorliegenden Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* wird darauf verzichtet, die exakte physikalische Definition der Kraft einzuführen.[1] Stattdessen erfolgt eine Einführung, indem Unterschiede zum Alltagswort Kraft thematisiert werden und die Schülerinnen und Schüler Wirkungen von Kräften sowie einige wichtige Eigenschaften von Kräften erarbeiten.

- Im Alltag verwenden wir das Wort Kraft sehr vielfältig, z. B. Sehkraft, ein kräftiges Gewürz, Muskelkraft, Zauberkraft, kraftlos sein. In der Physik, genauer in der Mechanik, zu der das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* gehört, wird der Begriff nur dann verwendet, wenn zwei Körper aufeinanderwirken. Statt von zwei Körpern kann man vereinfacht auch von zwei Gegenständen sprechen. Beispiele: Ein Mensch oder ein Bulldozer schiebt eine schwere Kiste nach vorne. Eine Torhüterin fängt beim Elfmeter den Ball mit den Händen ab. Ein Lift transportiert Menschen vom Erdgeschoss in ein höher gelegenes Stockwerk. Ein Kind formt einen Teig zu einem Brot oder zu Plätzchen. In all diesen Situationen treten – auch im physikalischen Sinn – Kräfte auf.
- In der Physik wird für den Begriff der Kraft das Symbol F verwendet; es rührt vom englischen Wort „force“ her.
- In den aufgeführten Beispielen, aber auch ganz allgemein, lassen sich zwei Wirkungen der Kraft unterscheiden. Die eine Wirkung besteht darin, dass die Bewegung eines Körpers verändert wird; er wird beschleunigt oder abgebremst oder es wird die Richtung seiner Bewegung verändert. Die andere Wirkung der Kraft besteht darin, dass ein Gegenstand verformt wird; er wird zum Beispiel eingedrückt, in die Länge gezogen oder in eine ganz andere Form gebracht (ein Kind verformt eine Kugel aus Knetmasse in einen Würfel).
- Immer (!) wenn eine Kraft auftritt, gilt das Prinzip von Kraft und Gegenkraft, auch als Prinzip von Actio und Reactio bezeichnet. Dies bedeutet: Wirkt ein Körper A auf einen Körper B mit der Kraft F (engl. „force“), wirkt umgekehrt der Körper B auf den Körper A mit der gleich großen, aber entgegengesetzten Kraft. Drücke ich zum Beispiel mit dem Daumen auf einen Gegenstand, drückt umgekehrt der Gegenstand auf meinen Daumen. Das erkennt man gut daran, dass der Daumen rot anläuft.

Kräfte messen

In der Physik lassen sich Kräfte auf verschiedenste Arten messen, z. B. indem von der Wirkung einer Kraft auf deren Größe geschlossen wird. In der Mechanik, speziell im Bereich *Kräfte und Gleichgewicht*, misst man Kräfte mit sogenannten Federkraftmessern. Sie bestehen im Kern aus einer Feder, die – durch die zu messende Kraft – gedehnt wird; je größer die Kraft ist, desto mehr wird die Feder gedehnt; so wird bei doppelter Kraft die Feder doppelt so weit gedehnt. Der Zusammenhang zwischen Kraft und Ausdehnung einer Feder ist linear (Hooke’sches Gesetz).

Die Schülerinnen und Schüler arbeiten mit verschiedenen Federkraftmessern, einerseits mit solchen, mit denen sie kleine Kräfte messen können, andererseits mit solchen, mit denen sich große Kräfte messen lassen.

Die Einheit der Kraft lautet Newton (N). Da die Kraft gemäß der physikalischen Definition (s. Fußnote 1)

$$F = m \cdot a$$

eine sogenannte abgeleitete Größe ist, lässt sich auch die Einheit Newton aus Grundeinheiten[2] ableiten:

$$1\ \text{Newton} = 1\,\text{kg} \cdot 1\,\text{m/s}^2$$

Bei ihren Messungen lernen die Schülerinnen und Schüler, dass die Kräfte von verschiedenen Größen abhängen: 1) So lassen sich Gegenstände mit kleiner Masse leichter, d. h. mit weniger Kraft, beschleunigen oder abbremsen als Gegenstände mit großer Masse. 2) Und je nachdem, ob ich einen Gegenstand langsam oder schnell beschleunigen möchte, benötige ich weniger oder mehr Kraft. Was die Schülerinnen und Schüler hier im Experiment qualitativ erfor-

[1] Die physikalische Definition der Kraft (F, engl. „force“) lautet F = m • a. Sie ist also das Produkt von Masse m und Beschleunigung a.

[2] Zu den Grundeinheiten gehören u. a. Kilogramm, Meter und Sekunde. Sie sind international abgesprochen und definiert.

schen, lässt sich mit der Definition der Kraft F = m • a leicht erklären und auch quantitativ berechnen. Denn je größer (kleiner) die Masse bzw. je größer (kleiner) die Beschleunigung, desto größer (kleiner) die Kraft. Dass im vorliegenden Spiralcurriculum wie auch in fast allen Lehrplänen für die Klassen 6 bis 8 trotz der Vorteile auf die Definition F= m • a verzichtet wird, hängt mit den großen Lernschwierigkeiten bei der Formel F = m • a zusammen.[3]

Masse und Gewichtskraft unterscheiden

In der Physik und entsprechend in allen anderen naturwissenschaftlichen und technischen Disziplinen wird zwischen Masse und Gewicht unterschieden. Im Alltag hingegen werden die beiden Begriffe meist undifferenziert und synonym gebraucht. Diese Nichtunterscheidung führt im Physikunterricht zu erheblichen Lernschwierigkeiten (s. Kap. 4.2).

Worin besteht der Unterschied zwischen Masse und Gewicht? Die Masse ist eine nicht veränderbare Eigenschaft eines Gegenstands; in der Physik sagt man, es ist eine nicht veränderbare Größe eines Körpers. Verändern lässt sich die Masse nur, wenn man den Körper verändert, z. B. Teile von ihm abtrennt oder Teile hinzufügt; die Masse wird in Kilogramm (kg) gemessen. Hingegen ist das Gewicht eines Körpers veränderbar: Ein Astronaut auf dem Mond ist leichter als auf der Erde, er kann auf dem Mond deutlich höher springen als auf der Erde. Auf dem Mond ist der Astronaut zwar immer noch derselbe Mensch wie auf der Erde, er hat seine 80 kg Masse. Aber er ist auf dem Mond leichter, er hat dort ein anderes Gewicht; auf der Erde beträgt das Gewicht 800 Newton, auf dem Mond nur ein Sechstel davon, d. h. ca. 133 Newton. Das Gewicht, oft auch wie im vorliegenden Spiralcurriculum als Gewichtskraft bezeichnet, wird in Newton (N) gemessen.

Für viele physikalische Vorgänge ist es wichtig, zwischen Masse und Gewicht zu unterscheiden: Will man ein Auto bzw. Mondmobil auf der Erde oder auf dem Mond horizontal auf einer Straße oder Ebene beschleunigen, hängt die Kraft in beiden Fällen von der Automasse m und der Beschleunigung ab; sie ist auf Erde und Mond genau gleich groß. Will man hingegen einen Gegenstand, z. B. eine Raumsonde, von der Erde bzw. vom Mond in den Weltraum nach oben „heben“ bzw. schießen, hängt die benötigte Kraft vom Gewicht ab, d. h. die Kraft ist auf Erde und Mond jeweils unterschiedlich.

Wovon hängt das Gewicht genau ab, d. h. wie lässt es sich berechnen? Beim Gewicht (Gewichtskraft) handelt es sich um die Anziehungskraft, mit der wir von einem Himmelskörper angezogen werden, in unserem Fall von der Erde, bei den Astronauten von der Kraft des Monds. Die Gewichtskraft F_G berechnet sich aus der Masse des Körpers und der Fallbeschleunigung auf dem jeweiligen Himmelskörper:

$$F_G = m \cdot g$$

Dabei ist m die Masse und g die Fallbeschleunigung. Auf der Erde beträgt die Fallbeschleunigung 9,81 m/s², auf dem Mond nur ein Sechstel dieses Betrags. Auf der Erde hat demzufolge eine Person mit einer Masse von 70 kg ein Gewicht von 686,7 N. Im vorliegenden Curriculum wird gerundet, d. h. statt mit 9,81 mit 10 m/s² für die Erdbeschleunigung gerechnet.

Reibungskräfte

In Physik und Technik wird zwischen Haft-, Gleit- und Rollreibung unterschieden. Im Normalfall ist die Haftreibung größer als die Gleitreibung, die Gleitreibung größer als die Rollreibung. Der Unterschied zwischen den drei Reibungsarten ist vielen Menschen vom Alltag her bekannt: Will ich ein schweres Möbelstück, z. B. ein Kastenbett, verschieben, muss ich am Anfang, d. h. wenn ich das Bett in Bewegung bringen will, etwas mehr Kraft aufwenden als wenn es dann in Bewegung ist. Am Anfang „haftet“ das Kastenbett am Boden. Ist es dann erst einmal in Bewegung, „gleitet“ das Bett über den Boden, es bedarf weniger Kraft. Noch einfacher lässt sich das Kastenbett verschieben, wenn ich Rollen, z. B. Besenstiele, unter das Bett lege oder wenn ich Räder an das Bett montiere. Was Kinder und Erwachsene beim Verschieben von Möbelstücken erleben und sich zur Erleichterung ausdenken, mussten sich bereits die Arbeiter beim Bau der Pyramiden in Ägypten überlegen: Tonnenschwere Bausteine lassen sich nur auf Rollen leicht verschieben.

Reibung ist in der Physik wie auch im Alltag oftmals negativ konnotiert: Ein Schlitten gleitet auf Nassschnee schlecht, weil die Reibung zu groß ist; zwei Menschen „reiben sich aneinander“. Reibung kann aber durchaus etwas Positives haben oder sogar zwingend notwendig sein: Bei zu wenig Reibung, z. B. auf Glatteis, rutscht ein Auto oder ein Fahrrad aus der Kurve.

Die Reibung – und zwar egal ob Haft-, Gleit- oder Rollreibung – hängt einerseits vom Gewicht (nicht der Masse) des zu bewegenden Körpers ab, anderer-

[3] Schecker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg., 2018): *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis.* Berlin: Springer Spektrum.

seits von den „beteiligten“ Oberflächen, z. B. Gummi auf Asphalt beim Fahrrad bzw. Auto oder Stahl auf Eis beim Schlittschuhlaufen. Berechnet wird die Reibungskraft F_R gemäß[4]:

$$F_R = \mu_R \cdot F_G = \mu_R \cdot g \cdot m$$

Dabei ist μ_R der sogenannte Reibungskoeffizient der „beteiligten“ Oberflächen, F_G das Gewicht des Körpers bzw. g die Erdbeschleunigung und m die Masse. Als konkrete Beispiele für Reibungskoeffizienten seien genannt: Haftreibungskoeffizient bei einem Autoreifen auf trockenem Asphalt bzw. Beton 0,7 bis 1; auf nassem Asphalt bzw. Beton 0,4 bis 0,6; auf nassem Laub oder auf Schnee 0,2 bis 0,3; auf Eis ungefähr 0,1; bei Aquaplaning deutlich kleiner als 0,1. Die Reibung eines Autoreifens auf Eis ist also bis zu zehnmal kleiner als auf Asphalt. „Vorsicht Eisglätte!“

Hebelgesetz und Gleichgewicht

Das Hebelgesetz zählt in der Physik und im Physikunterricht zu den Klassikern derjenigen Gesetze, die einerseits im Alltag von Kindern und Erwachsenen eine große Bedeutung haben und sich leicht erforschen lassen, die andererseits aber auch in exemplarischer Weise dazu dienen können, zentrale Charakteristika der Physik kennenzulernen. Aus diesen Gründen kommt der Erarbeitung des Hebelgesetzes im Sach- bzw. Physikunterricht ein hoher Stellenwert zu.

Das Hebelgesetz lautet in seiner einfachsten Form

$$s_K \cdot F_K = s_L \cdot F_L$$

mit der Kraftarmlänge s_K und der Kraft F_K auf der einen Seite sowie der Lastarmlänge s_L und der Last F_L auf der anderen Seite. Wie in den Naturwissenschaften üblich, werden Längen bzw. Distanzen meist mit dem Buchstaben s abgekürzt und Kräfte mit dem Buchstaben F.

Mit dem Hebelgesetz wird – bei Wippe und Balkenwaage – der Gleichgewichtszustand beschrieben. D. h., ist das Hebelgesetz erfüllt, befindet sich der „Gegenstand“ im Gleichgewicht. Ist hingegen eine Seite, d. h. das Produkt von Hebellänge und Kraft, größer als auf der anderen Seite, senkt sich die Wippe auf der erstgenannten Seite. Welche Seite bei einer Wippe oder einer Waage den Lastarm bzw. den Kraftarm bildet, ist nicht immer eindeutig; bei „Hebeln in Bewegung“ ist die Bezeichnung meist eindeutig (s. S. 39 „Ein- und zweiseitige Hebel im Alltag“). Es spielt schließlich auch keine Rolle, welche Seite Last- bzw. Kraftarm darstellt, denn es kommt einzig darauf an, die jeweiligen Produkte von Hebellänge und Kraft miteinander zu vergleichen. In den technischen Beispielen des Themenbereichs „Kraft sparen durch einfache Maschinen“ wird deutlich, bei wie vielen verschiedenen Anwendungen das Hebelgesetz eine Rolle spielt, z. B. bei Schubkarre, Flaschenöffner, Türklinke, Fahrradschaltung und Getrieben.

Bei den meisten Alltagsanwendungen genügt die Formulierung des Hebelgesetzes in seiner einfachen Form (s. linke Spalte). In der Sekundarstufe I und II wie auch in den meisten technischen Lehren beschränkt man sich auf diese Form. Differenziertere Formen berücksichtigen Fälle, in denen die Kräfte nicht senkrecht zum Hebel angreifen oder in denen mehrere Kräfte an verschiedenen Stellen des Hebels wirken.

Welche Charakteristika der Physik lassen sich mit dem Hebelgesetz erarbeiten? Ohne zu tief in die Wissenschaftstheorie einzutauchen, lassen sich folgende Charakteristika illustrieren: 1) Viele Vorgänge in Natur und Technik können mathematisiert werden, d. h. sind einer mathematischen Beschreibung zugänglich. 2) Die Physik hilft – mittels Begriffen und Gesetzen – Vorgänge und Phänomene zu beschreiben, zu erklären und damit die menschliche Neugierde zu befriedigen („Ich verstehe jetzt, wie die Wippe funktioniert, wann sie im Gleichgewicht ist und wann nicht“). 3) Die Physik erlaubt Vorhersagen und damit ein Mitgestalten der Zukunft („Wenn ich als kleines Mädchen meine schwere Patentante auf der Wippe nach oben befördern und sie oben in der Luft sitzen lassen möchte, muss ich auf der anderen Seite der Wippe weit außen sitzen“). Gerade das „Vorhersagen“ und „Mitgestalten der Zukunft“ – hier in einem weiten Sinn verstanden – führten in den letzten Jahrhunderten zum Siegeszug von Physik, Naturwissenschaften und Technik. Die Menschheit kann einen Flug zum Mond „vorhersagen“, d. h. planen und erfolgreich durchführen. Sie kann bei einer Krankheit aufgrund einer medizinischen Diagnose die Behandlung planen und den Heilungsverlauf mehr oder weniger „vorhersagen“.

Körperschwerpunkt

Betrachtet man Gleichgewichtszustände nicht nur bei Wippe und Balkenwaage, sondern bei komplizierteren Gegenständen wie hohen Türmen – im Spiel aus Bauklötzen erbaut, in der Architektur aus Be-

[4] Die Formel gilt nur dann, wenn das Gewicht senkrecht auf die Oberfläche wirkt, d. h. wenn diese horizontal ist. Im Alltag ist das in vielen Situationen der Fall. Bei geneigten Oberflächen hingegen ist nur der Teil des Gewichts zu berücksichtigen, der senkrecht zur Oberfläche wirkt, d. h. die sogenannte Normal-kraft („normal“ bedeutet in Mathematik und Naturwissenschaften „senkrecht“).

ton oder Stahl konstruiert –, geht es oftmals um die Lage des Körperschwerpunkts. Dessen Lage muss bestimmte Bedingungen erfüllen, damit ein Gegenstand, z. B. ein Turm, im Gleichgewicht ist, d. h. damit er stabil ist und nicht einstürzt.

Der Begriff Körperschwerpunkt stammt aus der Physik. In der Physik spricht man generell von Körpern statt von Gegenständen, Körper ist ein abstrakter Oberbegriff, der für vieles stehen kann, z. B. für ein Auto, einen Ball, ein Kind, den Mond oder die Erde (Himmelskörper). Der Begriff Körper aus der Physik hat nichts bzw. nur wenig mit dem Wort Körper aus dem Alltag bzw. der Medizin zu tun.

Jeder physikalische Körper besitzt einen Schwerpunkt, den sogenannten Körperschwerpunkt. Ist bei einer Kugel, einem Würfel oder einem Quader die Masse homogen verteilt, wie z. B. bei einem Bauklotz, befindet sich dieser genau in der Mitte des jeweiligen Gegenstands. Bei weniger regelmäßigen, d. h. unsymmetrischen, Gegenständen, ist es schwieriger, die Lage des Körperschwerpunkts zu bestimmen.

Stabilität

Die Stabilität eines Körpers hängt von der Lage seines Schwerpunkts ab. Und zwar davon, wo sich der Körperschwerpunkt im Verhältnis zur Auflagefläche befindet.

Stabil ist ein Körper dann, wenn der Körperschwerpunkt über der Auflagefläche liegt. Dann kippt der Körper, z. B. ein Bauklotz, nicht um. Bei einem Bauklotz, der auf einem Tisch liegt, befindet sich der Körperschwerpunkt in der Mitte des Bauklotzes und damit direkt über der Mitte der Auflagefläche. Wird der Klotz über die Tischkante geschoben, kippt bzw. fällt der Klotz bei einem bestimmten Punkt vom Tisch. Und zwar genau dann, wenn der Körperschwerpunkt nicht mehr senkrecht über der Auflagefläche liegt. Dies ist der Fall, wenn mindestens die Hälfte des Bauklotzes über die Tischkante hervorragt.

Wie lässt sich ein Gegenstand möglichst stabil bauen? Die Schülerinnen und Schüler erforschen u. a. folgende Zusammenhänge:

- Der Körperschwerpunkt muss möglichst tief liegen, d. h. nur wenig über der Auflagefläche: Ein schnelles Auto ist tief gebaut, d. h. sein Schwerpunkt liegt nur wenige Zentimeter über der Straße; in Kurven kippt es weniger leicht um als ein Auto mit hohem Schwerpunkt.
- Die Standfläche sollte möglichst groß sein: Selbstgebaute Türme, der Eiffelturm und viele Hochhäuser sind unten breiter als oben; sie verjüngen sich nach oben.
- Je weiter der Körperschwerpunkt in horizontaler Richtung von der Kippkante entfernt ist, desto stabiler ist er.

Ein- und zweiseitige Hebel im Alltag

Die bei Wippe und Balkenwaage gewonnenen Erkenntnisse zu Gleichgewicht und Hebelgesetz lassen sich anhand vieler illustrativer Alltagsbeispiele erweitern und vertiefen. In vielen Fällen geht es dabei nicht mehr um Gleichgewichtszustände, sondern um Hebel, die sich in Bewegung befinden, und/oder um Hebel, mit denen Kraft eingespart werden soll. Alle Hebel, egal ob ein- oder zweiseitig, egal ob in Ruhe und Bewegung, weisen einen Drehpunkt auf sowie je einen Last- und einen Kraftarm.

Beispiel 1 „Zange“ oder „Lochzange“: Es handelt sich um einen zweiseitigen Hebel, d. h., der Kraftarm liegt auf der einen Seite des Drehpunkts, der Lastarm auf der anderen Seite. Der Kraftarm, genau genommen sind es zwei Kraftarme, ist länger als der Lastarm. Wenn ich die Zange mit den beiden langen Kraftarmen zusammendrücke, übe ich bei den beiden kurzen Lastarmen eine große Kraft aus.

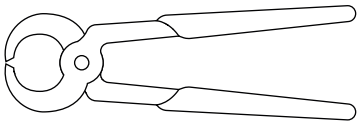


Abb. 1: Zange

Beispiel 2 „Nussknacker“ oder „Knoblauchpresse“: Es handelt sich um einen einseitigen Hebel. Beide Hebel befinden sich auf der gleichen Seite des Drehpunkts. Der Kraftarm, an dem ich mit den Händen drücke, ist deutlich länger als der Lastarm, mit dem die Nuss bzw. der Knoblauch zusammengedrückt wird.

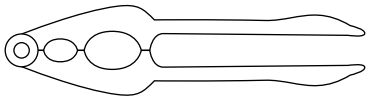


Abb. 2: Nussknacker

Bei beiden Beispielen handelt es sich um Hebel in Bewegung. Bei diesen bezeichnet man die Hebelseite, mit der man etwas, z. B. eine Last, bewegen oder verändern möchte, als Lastarm und die andere Seite, wo z. B. die eigene Hand ansetzt, als Kraftarm. Ist wie bei Zange oder Nussknacker der Lastarm kürzer als der Kraftarm, lässt sich damit Kraft sparen: Denn um eine große Kraft beim Lastarm zu erzeugen, d. h. um mit viel Kraft auf die Nuss zu drücken, muss ich mit den Händen nur wenig Kraft ausüben. Ich spare Kraft dank Zange bzw. Nussknacker ein: Wenn der Kraftarm wie bei der abgebildeten Zange ungefähr viermal länger ist als der Lastarm, muss ich mit meinen Händen nur mit einer Kraft von 10 N drücken, um auf der anderen Seite des Drehpunkts 40 N zu erzeugen. Ich „spare“ viel Kraft, in diesem Fall 30 N.

Goldene Regel der Mechanik

Das Sparen von Kraft geht allerdings auf Kosten einer anderen Größe, nämlich des Wegs. Ich muss mit dem Kraftarm einen längeren Weg zurücklegen, als ihn der Lastarm zurücklegt. Im obigen Rechenbeispiel muss ich einen viermal längeren Weg zurücklegen. Was ich also an Kraft spare bzw. gewinne, muss ich als Weg hineinstecken. Dieser Zusammenhang wird als sogenannte Goldene Regel der Mechanik bezeichnet:

> **Goldene Regel der Mechanik:**
> Was man an Kraft spart, muss man an Weg zulegen. Oder umgekehrt: Was man an Weg spart, muss man an Kraft zulegen.

Die Goldene Regel der Mechanik ist eine qualitative Folgerung aus dem Hebelgesetz bzw. eine Erweiterung des selbigen für Hebel in Bewegung. Wird im Hebelgesetz auf der einen Seite des Gleichheitszeichens die Kraft verkleinert („gespart"), muss – damit immer noch das Hebelgesetz gültig ist bzw. der Gleichgewichtszustand eingehalten wird – auf der gleichen Seite der Hebelarm (und damit der Weg) vergrößert werden.

Die Goldene Regel der Mechanik ist der Menschheit bereits seit Jahrhunderten, wenn nicht sogar seit Jahrtausenden bekannt. Vermutlich nicht unter dem Namen Goldene Regel, aber in ihren Anwendungen: Bei Brechstange, Rampe, Schubkarre oder Schraubenschlüssel kommt die Goldene Regel der Mechanik zur Anwendung (vgl. Kap. 5.2.3).

Hebel und Geschwindigkeiten

Hebel in Bewegung lassen sich aber nicht nur nutzen, um Kräfte zu verändern, sondern auch dazu, um Geschwindigkeiten zu erhöhen oder zu verringern. Ist z. B. der Kraftarm kürzer als der Lastarm, ist die Kraft im Lastarm zwar kleiner als diejenige im Kraftarm, dafür verlängert sich der Weg im Lastarm. Da dies bei Kraft- und Lastarm in der gleichen Zeit geschieht, erhöht sich dadurch die Geschwindigkeit beim Lastarm. Wenn diese Beschreibung zunächst sehr abstrakt klingt, wird der Inhalt in einem einfachen Experiment jedoch schnell – quasi mit den Händen – begreifbar.

Beispiel eines kleinen Experiments für Schülerinnen und Schüler (s. Abb. 3):

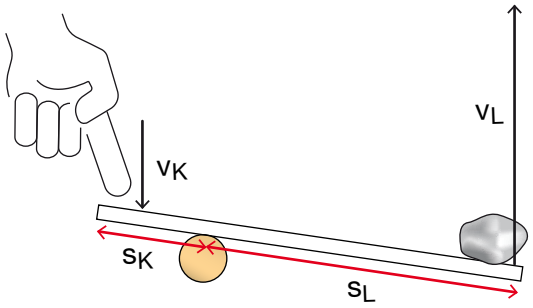


Abb. 3: Wurfgeschoss

Eine Leiste wird auf einer Rolle gelagert. Die Rolle dient als Drehpunkt. Auf der längeren Seite der Leiste liegt ein kleiner Stein. Drückt man die kürzere Seite der Leiste nach unten, wird der kleine Stein auf der anderen, längeren Seite nach oben „geschossen". Da in der Abbildung der Kraftarm s_K knapp viermal kürzer ist als der Lastarm s_L, ist die Geschwindigkeit des Steins fast viermal größer als die des Fingers, mit dem die Leiste nach unten gedrückt wird. Der Stein fliegt mit hoher Geschwindigkeit davon.

Viele „Wurfapparate" kreativer Schülerinnen und Schüler sowie viele Kriegsmaschinen aus dem Mittelalter basieren auf der Idee „Mit Hebeln Tempo machen". Aber auch bei vielen anderen, oftmals technischen Anwendungen werden durch bewegte Hebel Geschwindigkeiten verändert, u. a. bei der Ketten- oder Riemenübertragung des Fahrrads sowie bei Getrieben in Automotoren.

Bewegte Hebel, Übersetzungen, Getriebe

Allen (!) folgenden, meist technischen Beispielen ist eines gemeinsam – so unterschiedlich sie auch rein äußerlich aussehen: Es gilt die Goldene Regel der Mechanik! Als Zweites ist den Beispielen, bei denen Hebel zum Einsatz kommen, gemeinsam, dass das Hebelgesetz gilt.

Die Goldene Regel der Mechanik gilt u. a. bei folgenden Konstruktionen:

- Flaschenzüge: Bei zwei oder mehr Rollen lässt sich viel Kraft einsparen, aber der Weg wird entsprechend größer, d. h. bei einem Flaschenzug muss dann mehr Seillänge gezogen werden. Der Flaschenzug ist nichts Altertümliches, im Gegenteil, jeder Baukran zieht Lasten mittels eines Flaschenzugs nach oben.
- Rampen: Wird eine Last nicht senkrecht nach oben gehievt, sondern über eine sanft ansteigende Rampe nach oben gezogen, ist ein längerer Weg notwendig. Rampen kamen und kommen beim Bauen immer wieder zum Einsatz: beim Bau der Pyramiden wurden große, schwere Steinquader auf Rampen schräg hinaufgezogen (unter Zuhilfenahme von Rollen unter den Quadern); beim Hausbau nutzen Maurerinnen

und Maurer eine Rampe, um mit der Schubkarre Baumaterial nach oben zu transportieren.

Die Goldene Regel der Mechanik UND gleichzeitig auch das Hebelgesetz gelten u. a. bei den folgenden Einrichtungen:

- Fahrradpedale: Pedale und vorderes Kettenrad sitzen auf der gleichen Achse (Drehpunkt). Die Pedale (Kraftarm) ist länger als der Radius (Lastarm) des vorderen Kettenrads. Damit wird die Kraft im Lastarm erhöht, hingegen werden der Weg und die Geschwindigkeit im Lastarm im Vergleich zu Weg und Geschwindigkeit im Kraftarm jeweils verkleinert. Die Drehzahl, d. h. die Anzahl der Umdrehungen pro Sekunde oder Minute, ist für Pedale und Kettenrad gleich.
- Zahnradgetriebe: Sitzen die beiden Zahnräder auf der gleichen Achse, gelten die gleichen Überlegungen wie bei der Fahrradpedale. Es lassen sich je nachdem, in welchem Verhältnis die Radien der beiden Zahnräder stehen, die Kraft, der Weg und/oder die Geschwindigkeit verändern. Die Drehrichtung und die Drehzahl hingegen bleiben unverändert. Sitzen die beiden Zahnräder aber auf zwei verschiedenen Achsen, ändert sich die Drehrichtung. Zudem lassen sich Wege und Geschwindigkeiten und damit die Drehzahl verändern.

4.2 Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten

Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* umfasst wichtige physikalisch-technische Themen, die viele Kinder und Jugendliche aller Altersstufen interessiert. Aber es bestehen verschiedenste Lernschwierigkeiten, denen wir als Lehrkräfte unbedingt Rechnung tragen müssen. Die Lernschwierigkeiten werden im Curriculum *Kräfte und Gleichgewicht* aufgenommen und proaktiv angegangen.

Alltagswort und Fachbegriff abgrenzen

Lernende versuchen, neue Inhalte immer mit bestehendem Wissen zu verknüpfen. Zu Letzterem gehört die Alltagssprache. Diese enthält viele Wörter, die auch in den Naturwissenschaften auftreten, dort aber unter Umständen eine etwas andere Bedeutung als im Alltag haben und zudem genau definiert sind. Dazu zählen u. a. Kraft, Gewicht, Energie, Leistung und Strom.

Es sollte ausreichend Lernzeit dafür verwendet werden, um zwischen Alltagswort und physikalischem Begriff zu unterscheiden und zu erläutern, warum die Unterschiede bestehen und wozu es in der Physik bzw. in den Naturwissenschaften sinnvoll ist, präzise Begriffe zu verwenden. Kraft zählt zu diesen Wörtern bzw. Begriffen.

Masse und Gewichtskraft unterscheiden

In der Alltagssprache wird von Gewicht, manchmal auch von Gewichtskraft, gesprochen. Kinder (und Erwachsene) sind von der Alltagssprache gewohnt, das Gewicht in Kilogramm anzugeben: „Ich wiege 30 kg. Mein Gewicht ist 30 kg." Es ist für junge Teenager nur wenig einsichtig und nachvollziehbar, warum sie bei 30 kg nicht mehr von Gewicht, sondern von Masse sprechen sollen, und warum ihr Gewicht nun 300 Newton betragen soll. Sie erleben Physik als etwas Abstraktes, das nichts mit ihrem Alltag bzw. ihrer Alltagssprache zu tun hat. Dies dürfte mit ein Grund sein, warum sie beginnen, Physik als schwer oder sogar als irrelevant für ihren Alltag und ihr Leben einzustufen.

Wie lässt sich den Lernschwierigkeiten und dem Interessensverlust begegnen? Günstige Voraussetzungen bieten folgende Maßnahmen:

- Die Unterschiede – aber auch die Gemeinsamkeiten (!) – zwischen Alltagswort und Fachbegriff thematisieren und herausarbeiten.
- Erklären, warum es in den Naturwissenschaften sinnvoll ist, präzise Begriffe zu verwenden: Alle Physikerinnen und Physiker verstehen in allen Sprachen unter dem Begriff Kraft genau das Gleiche – ein nicht zu unterschätzender Beitrag zur weltweiten Kommunikation und Verständigung.
- Genau definierte Begriffe erlauben präzise Berechnungen, mit präzisen Berechnungen lassen sich Vorhersagen treffen und es lässt sich die „Zukunft mitgestalten", z. B. können Sonnen- und Mondfinsternisse vorhergesagt werden, eine Leistung, die viele Menschen Ende des Mittelalters maßlos erstaunte und die Furcht vor diesen Finsternissen nahm, oder es lassen sich Dosierungen von Medikamenten festlegen, Flugzeiten und Kerosinverbrauch von Flügen berechnen und Reichweiten von Funkantennen bzw. Handyantennen präzise planen.

Reibungskräfte ächten oder schätzen?

Schülerinnen und Schüler bringen viele Alltagserfahrungen bezüglich Reibung mit. An diese lässt sich gut anknüpfen. Lernschwierigkeiten können nur in zweierlei Hinsicht auftreten:

- Viele Lernende vermuten, dass die Reibung von der Größe der Auflagefläche abhängt. Dies ist jedoch nicht der Fall. Gegen die „Intuition" ist die Reibung von der Auflagefläche unabhängig, was sich mit einem Experiment leicht überprüfen lässt.
- Die Einsicht, dass Reibung nicht nur etwas Negatives ist, sondern auch etwas Positives sein kann, führt zu Erstaunen und – im besten Fall – zu einem Aha-Erlebnis: Beim Fahren durch Kurven ist es gut, wenn die Reibung möglichst groß ist.

Gleichgewichtszustände berechnen

Beim Hebelgesetz handelt es sich aus physikalischer und mathematischer Perspektive um eine relativ einfache Formel. 12- bis 14-Jährige können mit dem Hebelgesetz lernen, bei drei gegebenen Größen eine unbekannte vierte Größe zu berechnen. Die Lernschwierigkeiten bestehen einerseits in den algebraischen Umformungen, andererseits im allgemeinen mathematischen Problem an sich, nämlich aus gegebenen Werten einen unbekannten Wert zu berechnen.

Da Wippe und Balkenwaage etwas sehr Konkretes und „Begreifbares" darstellen, lässt sich der Einstieg in diese neue Welt physikalisch-mathematischer Probleme mit einfachen Beispielen machen: „Wo müssen die achtjährige Lisa und der vierjährige Kevin auf einer Wippe sitzen, wenn sich diese im Gleichgewicht befinden soll und wenn Lisa doppelt so schwer ist wie Kevin?" Ausgehend von derartigen einfachen Fällen lassen sich nach und nach komplexere Fälle beschreiben und berechnen.

Stabilität erforschen

Kinder bauen Türme aus Klötzen oder Legosteinen. Spielerisch-explorativ versuchen sie, höhere und stabilere Türme zu bauen. Erste Erlebnisse führen – durch Nachdenken und durch den Austausch mit anderen – zu ersten Erfahrungen und Erkenntnissen. Neue Begriffe wie Körperschwerpunkt und Auflagefläche helfen, die Erfahrungen zu systematisieren und auszuweiten, neue Vermutungen aufzustellen und zu überprüfen. Schülerinnen und Schüler lernen auf diese Weise wichtige prozessbezogene naturwissenschaftliche und technische Kompetenzen.

Die Goldene Regel der Mechanik verstehen

Dank der vielen Alltagsbeispiele eröffnen sich für die meisten Schülerinnen und Schüler Zugänge zur Goldenen Regel der Mechanik, insbesondere dann, wenn die Beispiele direkt aus ihrem Alltag oder aus dem zukünftigen Berufsalltag stammen. Aus fachdidaktischer Sicht ist es wichtig, die Kernidee zu verstehen, d. h. zu erkennen, dass ich das, was ich bei der einen Größe gewinne – „ich spare Kraft ein, ich benötige weniger Kraft" –an anderer Stelle, d. h. bei der anderen Größe, „drauflegen" muss – „ich muss dafür mehr Weg zurücklegen". Häufig spielt dieses Drauflegen keine so große Rolle. Wenn ich z. B. bei Türklinke, Flaschenöffner oder Schraubenschlüssel im Lastarm mehr Kraft erzeugen kann, ist der längere Weg, den ich beim Drücken „drauflegen" muss, belanglos. Meist ist man sich des längeren Wegs gar nicht bewusst.

Übersetzungen und Getriebe konstruieren

Ketten- und Riemenantriebe, Zahnräder auf einer Achse oder auf zwei Achsen eröffnen fast unendlich viele Freiräume, um Kräfte, Wege, Geschwindigkeiten, Drehzahlen und Drehrichtungen zu verändern. Für jedes (technische) Problem gibt es eine oder mehrere Lösungen. Der Kreativität sind hier keine Grenzen gesetzt.

Dies kann bei den einen Schülerinnen und Schülern zum Gefühl des Verlorenseins, zu Überforderung und Frustration führen, bei den anderen hingegen Horizonte für selbstständiges Arbeiten, für Erfindungen, für selbstvergessenes Tüfteln und raffinierte Konstruktionen eröffnen. Es bedarf einer sorgfältigen Individualisierung und Differenzierung, um hier möglichst allen Schülerinnen und Schülern gerecht zu werden. Für die einen mögen erste Aha-Erlebnisse beim Fahrrad genügen, für andere stellen technische Probleme Herausforderungen dar, die sie mit Neugier und Interesse annehmen.

5
Unterricht in der Sekundarstufe I (Klassenstufen 6–8)

5 Unterricht in der Sekundarstufe I (Klassenstufen 6–8)

5.1 Zum Aufbau der Unterrichtseinheit

Die Unterrichtseinheit *Kräfte und Gleichgewicht* ist in acht Sequenzen von insgesamt 14 Stunden unterteilt (sechs Doppelstunden und zwei Einzelstunden). Die Sequenzen greifen – wo immer möglich –auf Sequenzen des Primarbereichs zurück. Dies betrifft sowohl inhalts- als auch prozessbezogene Kompetenzen. Die inhaltsbezogenen Kompetenzen lassen sich in drei Themenbereiche untergliedern: „Kräfte und ihre Wirkungen“ (3 Sequenzen), „Stabilität und Gleichgewicht“ (2 Sequenzen) und „Kraft sparen durch einfache Maschinen“ (3 Sequenzen). Bei allen Inhalten wird das im Primarbereich aufgebaute qualitative Verständnis differenziert und im Rahmen quantitativer Betrachtungen und Zusammenhänge erweitert. Die prozessbezogenen Kompetenzen decken ein breites Spektrum naturwissenschaftlicher und technischer Arbeits- und Denkweisen ab. So lernen die Schülerinnen und Schüler, Hypothesen zu formulieren, geeignete Belege zu verwenden, um Aussagen zu begründen, genau zu messen sowie technische Zusammenhänge zu erklären. Inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen führen zusammen zu einer naturwissenschaftlichen und technischen Allgemeinbildung, die auf internationaler Ebene als *scientific literacy* bezeichnet wird, so u. a. bei PISA, dem *Program for International Student Assessment* von 15-Jährigen.

Innerhalb der nächsten 102 Seiten umfassenden Sequenzdarstellungen findet sich folgender Aufbau:

1. Zeitrahmen der Sequenz sowie inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen
2. Benötigtes Vorwissen, Kurzbeschreibung und Verlaufsplanung der Sequenz
3. Einzusetzende Materialien
4. Arbeitsblätter
5. Stationenblätter, Folien usw.

Dabei werden in den Sequenzen 2 und 3 aus dem Themenbereich „Kräfte und ihre Wirkungen“, Sequenz 1 aus dem Themenbereich „Stabilität und Gleichgewicht“ und in den Sequenzen 1 und 3 aus dem Themenbereich „Kraft sparen durch einfache Maschinen“ Möglichkeiten zur Niveaudifferenzierung angeboten, vor allem mittels Arbeitsblättern auf einem leichten bzw. einem schweren Niveau oder mittels Tippkarten. Die Experimente und Konstruktionsversuche lassen sich meist in Dreiergruppen durchführen. Das Spektrum der Aktivitäten reicht von einfachen Freihandversuchen, im Englischen treffender als *hands-on activities* bezeichnet, bis hin zu komplexen Konstruktionsaufgaben.

Hier ein kurzer Überblick über die einzelnen Unterrichtssequenzen:

Themenbereich 1 „Kräfte und ihre Wirkungen“

Sequenz 1: Kräfte im Alltag und in den Naturwissenschaften (45 Minuten)
In einem Hörspiel taucht das Wort Kraft einerseits in alltagssprachlichen Bedeutungen auf, z. B. Zauberkraft, Sehkraft oder kräftiger Rinderbraten, andererseits in physikalischen Kontexten, z. B. eine Kraft zwischen zwei Körpern. Die Schülerinnen und Schüler lernen einerseits Alltagsbegriff und physikalischen Begriff zu unterscheiden, andererseits erfahren sie, warum die Naturwissenschaften auf präzise Fachbegriffe angewiesen sind.

Sequenz 2: Kräfte messen (90 Minuten)
Weitgehend selbstständig erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler im Rahmen eines sieben Stationen umfassenden Stationenlaufs grundlegende inhaltsbezogene Kompetenzen und das zugehörige Wissen. Dazu gehören das Prinzip „Actio und Reactio“, das Messen von Kräften mit Federkraftmessern, der Unterschied zwischen Masse und Gewichtskraft sowie die Wirkungen von Kräften, d. h. das Verändern von Bewegungen bzw. das Verformen von Körpern. Alle Stationen und Arbeitsblätter stehen für ein leichtes und ein schweres Niveau zur Verfügung.

Sequenz 3: Gut oder schlecht? Reibung und wie man sie beeinflussen kann (90 Minuten)
Neben Inhalten wie den positiven und negativen Folgen von Reibungskräften sowie Faktoren, welche die Reibung beeinflussen, liegt in dieser Sequenz ein Fokus auf den prozessbezogenen Kompetenzen. So sollen die Lernenden, um die die Reibung beeinflussenden Faktoren zu ermitteln, selbstständig angemessene Begründungen für Vermutungen angeben, geplante Experimente sachgerecht aufbauen und sorgfältig durchführen, Randbedingungen für gemachte Beobachtungen angeben sowie im Rahmen der Dokumentation alle relevanten Parameter und deren Manipulation in nachvollziehbarer Weise notieren.

Themenbereich 2 „Stabilität und Gleichgewicht“

Sequenz 1: Gleichgewicht (90 Minuten)
Zunächst versuchen die Lernenden, Alltagsgegenstände wie ein Lineal ins Gleichgewicht zu bringen. Anschließend erarbeiten sie mittels einer Balkenwaage selbstständig die Bedingungen für das Herstellen eines Gleichgewichts und entwickeln bzw. entdecken die Formel des Hebelgesetzes. Je nach Niveau, leicht oder schwer, führen die Schülerinnen und Schüler mehr oder weniger anspruchsvolle Berechnungen zum Hebelgesetz durch. Im Weiteren bringen sie den Begriff Körperschwerpunkt mit den Bedingungen des Gleichgewichts in Verbindung.

Sequenz 2: Stabilität (90 Minuten)
In einem ersten Schritt erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler anhand einfacher Experimente die Erkenntnis, dass die Lage des Körperschwerpunkts für die Stabilität eines Gleichgewichts verantwortlich ist. In einem zweiten Schritt schlüpfen die Lernenden in die Rolle einer Ingenieurin bzw. eines Entwicklers und planen selbstständig Objekte, die eine möglichst hohe Stabilität aufweisen, z. B. ein Hochhaus, ein Rennauto oder einen Traktor.

Themenbereich 3 „Kraft sparen durch einfache Maschinen“

Sequenz 1: Die Goldene Regel der Mechanik (90 Minuten)
Alltagsgegenstände wie Nussknacker, Knoblauchpresse, Türklinke, Zange oder Flaschenöffner dienen als Ausgangspunkte; die Schülerinnen und Schüler erarbeiten sich die Begriffe Drehpunkt, Last- und Kraftarm sowie ein- und zweiseitiger Hebel. Sie erkennen, dass sich mittels derartiger Hebel zwar eine Kraft reduzieren bzw. „einsparen“ lässt, dies aber auf Kosten des Wegs geht: je kleiner die Kraft, desto größer der Weg (Goldene Regel der Mechanik). In dieser Sequenz werden in hohem Maße technische prozessbezogene Kompetenzen gefördert, z. B. komplexe technische Aufgabenstellungen zu erfassen, technische Lösungen zu konstruieren und zu optimieren oder die Weiterentwicklung technischer Gegenstände zu analysieren.

Sequenz 2: Mit Hebeln Tempo machen (45 Minuten)
Nach der vorherigen Sequenz, in welcher die Goldene Regel der Mechanik und damit das Reduzieren von Kräften im Mittelpunkt stand, folgt in dieser Sequenz eine Art Umkehrung. Es geht darum, mittels kurzer Kraftarme und langer Lastarme Geschwindigkeiten zu erhöhen wie im Muskel-Skelett-System von Mensch und Tier oder beim Fahrrad. Mit Hebeln lässt sich Tempo machen: Der Bizeps des Menschen kann dazu dienen, Unterarm und Hand rasch zu bewegen; das Zahnrad auf der Hinterachse des Fahrrads kann dazu dienen, das Hinterrad schnell zu drehen.

Sequenz 3: Die Goldene Regel der Mechanik in der Technik (90 Minuten)
Nachdem die Schülerinnen und Schüler sich in den beiden vorhergegangenen Sequenzen Basiswissen zur Goldenen Regel der Mechanik erarbeitet haben, folgen jetzt technische Anwendungen dieser Regel. In einem Stationenlauf beschreiben, analysieren und optimieren die Lernenden Flaschenzug, schiefe Ebene, Ketten- und Riemenantrieb bzw. Gangschaltung beim Fahrrad sowie – für das höhere Niveau – Getriebe in Motoren.

Im Anhang des Handbuchs, d. h. im Kapitel 6, finden sich das Literaturverzeichnis sowie Glossar, eine Liste mit den Materialien der Materialkisten und eine Liste mit zusätzlichen Materialien, die sich zwar nicht in den Materialkisten befinden, aber in so gut wie allen Schulsammlungen vorhanden sind.

5.2 Darstellung der Unterrichtssequenzen

5.2.1 Sequenzen aus dem Themenbereich 1 „Kräfte und ihre Wirkungen“

Sequenz 1: Kräfte im Alltag und in den Naturwissenschaften

Zeitrahmen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler … • beschreiben, was man unter dem physikalischen Begriff Kraft versteht und welche Wirkungen Kraft hervorruft (IK 1).	Das Wort Kraft wird im Alltag oft verwendet und hat häufig nichts mit dem naturwissenschaftlichen Begriff zu tun. Kräfte können Dinge in Bewegung versetzen oder verformen. Kraft tritt nur im Zusammenspiel mindestens zweier Körper auf.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK[1])	**Zugehöriges Wissen**
Die Schülerinnen und Schüler … • nehmen selbstständig Ordnungen vor und benennen die jeweiligen Ordnungskriterien (PK-N 9).	In den Naturwissenschaften geht es u. a. darum, Naturvorgänge zu beschreiben. Da die Vorgänge oft komplex sind, dient ein erster Schritt dazu, die Komplexität zu reduzieren. Präzise Fachbegriffe, z. B. Kraft, tragen zur Reduktion der Komplexität bei und ermöglichen so das Ordnen, Vergleichen und Systematisieren.

Benötigtes Vorwissen

Die Schülerinnen und Schüler sollten die Konzepte zu Geschwindigkeit und Masse kennen. Der Begriff Beschleunigung sollte zumindest als Umschreibung für Geschwindigkeitserhöhung bekannt sein.

Kurzbeschreibung der Stunde

Diese Sequenz setzt sich intensiv mit der Unterscheidung des Alltagsbegriffs und des naturwissenschaftlichen Begriffs Kraft auseinander. Die Schülerinnen und Schüler sollen in die Lage versetzt werden, Kraft messen zu können und sie als Ursache für Verformung und Bewegungsänderung zu verstehen.

Zu Beginn wird den Schülerinnen und Schülern ein Hörspiel vorgespielt, in dem eine Geschichte erzählt wird, die sehr viele „Kraftbegriffe“ sowohl aus dem Alltag als auch aus physikalischer Sicht enthält. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Begriffe auf einem Arbeitsblatt sortieren. Aus diesen Begriffen werden drei physikalische Eigenschaften von Kraft ermittelt.

Anmerkung: Um den Kopieraufwand zu reduzieren, kann der Inhalt des Arbeitsblatts 1.1.2.0 als Tafelanschrieb bzw. Hefteintrag festgehalten werden.

[1] Bei den prozessbezogenen Kompetenzen wird jeweils zwischen naturwissenschaftlichen, abgekürzt mit PK-N, und technischen Kompetenzen, abgekürzt mit PK-T, unterschieden.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Demonstration **7 min**	**Einstieg** LK nennt kurz Thema und Ziel der Stunde und spielt dann das Hörspiel vor.	• Hörspiel „Der Herr der Kräfte“
Partnerarbeit **5 min** Klassengespräch **13 min**	**Orientierung/Aufgabenstellung** SuS lösen in Partnerarbeit Aufgaben, die zunächst das Verständnis des Inhalts prüfen (AB 1.1.1.0 Aufgaben 1a–1e). Anmerkung: Dies ist insbesondere für schwächere SuS sehr wichtig, um die weiteren Aufgaben lösen zu können. LK bespricht mit den SuS die Lösungen. Sie werden auf den Begriff Kraft aufmerksam gemacht. LK fragt, ob die SuS noch weitere Begriffe kennen, in denen das Wort Kraft vorkommt. Sie schreibt Begriffe an die Tafel. Was ist gemeint, wenn von Kraft die Rede ist? Es wird festgestellt, dass das Wort Kraft sehr unterschiedliche Dinge beschreibt.	• AB 1.1.1.0
Einzelarbeit **8 min**	**Erarbeitung I** SuS hören das Hörspiel zum zweiten Mal an, lesen den dazu gehörigen Text und achten auf die unterstrichenen Begriffe, in denen das Wort Kraft vorkommt.	• Folie 1.1.1.0–1.1.1.1 • Hörspiel „Der Herr der Kräfte“
Klassengespräch **12 min**	**Erarbeitung II/Sicherung** SuS lösen gemeinsam mit der LK, d. h. im Klassengespräch, die Aufgabe 1 des Arbeitsblatts. LK weist bei Zweifeln, ob sich ein Begriff eindeutig zuordnen lässt, darauf hin, dass in den Naturwissenschaften ein Begriff immer eindeutig definiert wird, damit alle genau wissen, worüber man spricht. SuS lösen Aufgabe 2, die als Sicherung zu verstehen ist.	• AB 1.1.2.0

Materialien

Kursiv und fett geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.
Sie befinden sich nicht in den Kisten!

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	***Hörspiel (als Download verfügbar unter: www.telekom-stiftung.de/minteinander).***

Schwierigkeitsgrad

Im Folgenden finden sich leichte und schwere Folien sowie Arbeitsblätter, die jeweils mit einem entsprechenden Symbol gekennzeichnet sind.

leichte Materialien

schwere Materialien

Fragen zu „Der Herr der Kräfte“, Arbeitsblatt 1.1.1.0

1. Kreuze die richtigen Antworten an.

a. Wieso konnten sich die Menschen gegen den Magier nicht wehren?

- ◯ Weil der Magier aufgrund seiner Zauberkraft keine Schmerzen spürte.
- ◯ Weil der Magier so furchtbar stank und es in seiner Nähe unerträglich war.
- ◯ Weil der Magier die Bewegungen der Menschen und Tiere kontrollieren konnte.

b. Kreuze an, was der Magier mit seiner Zauberkraft bewirken konnte.

- ◯ Dinge schweben lassen
- ◯ Dinge bewegen, die keine Muskeln haben
- ◯ Muskeln von Menschen und Tiere steuern

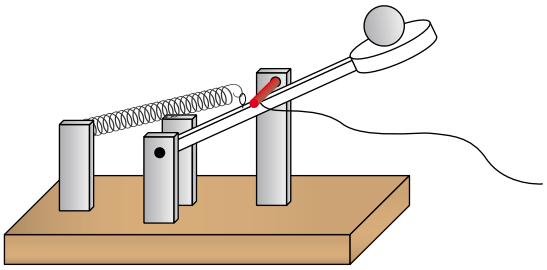
c. Wieso macht Smarty den Magier so wütend?

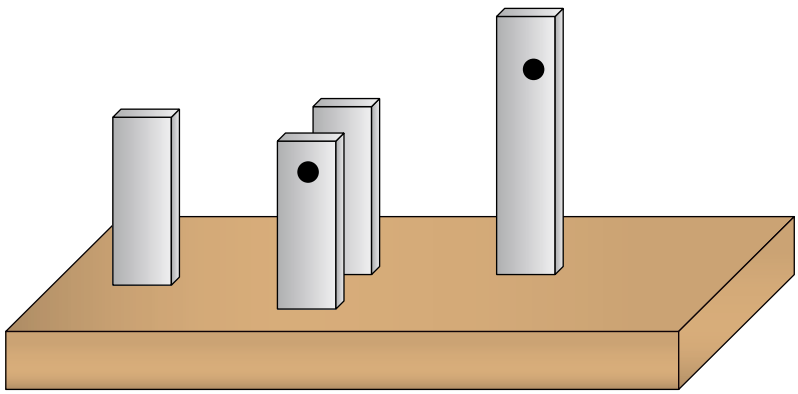
- ◯ Weil er möchte, dass der Magier Toss dazu bringt, den Stein zu werfen.
- ◯ Weil er hofft, den Magier damit ablenken zu können.
- ◯ Weil der Magier keine Zauberkraft mehr besitzt, wenn er wütend wird.

d. Wie wird der Wurfapparat ausgelöst?

- ◯ Mit einer schweren Eisenkugel.
- ◯ Ein Hölzchen wird mit der Schnur aus dem Wurfapparat gezogen.
- ◯ Indem man einen Stein auf den Wurfapparat wirft.

e. Du siehst eine Zeichnung des Wurfapparats in gespannter Stellung. Fertige eine Zeichnung an, die den Wurfapparat zeigt, wenn dieser ausgelöst worden ist.





Kräfte im Alltag und in den Naturwissenschaften, Arbeitsblatt 1.1.2.0

1. **Sortiert nun gemeinsam in der Klasse die unterstrichenen „Kraftbegriffe“ in folgender Tabelle (ihr werdet sehen, dass man manche Begriffe nicht immer eindeutig zuordnen kann, einigt euch in der Klasse).**

Der Begriff Kraft wird verwendet, um das Beschleunigen/Abbremsen oder Verformen zu beschreiben	Der Begriff Kraft beschreibt eine Fähigkeit oder einen Gegenstand/Körper näher

2. **Wenn eine Physikerin oder ein Physiker von Kraft sprechen, dann meinen sie den „Vorgang“, der Körper …**

_____ oder

_____ kann.

Hörspiel – Der Herr der Kräfte, Folie 1.1.1.0

Man wollte ihn gemeinsam angreifen. Wenn alle Menschen an einem Strang ziehen würden, dann wäre der Magier überfordert. Doch sie irrten sich gewaltig und hatten nicht den Hauch einer Chance. Denn der Magier hatte die Macht über alle Muskelkräfte und steuerte die Bewegungen der Menschen nach seinem Willen, seien es auch noch so viele. Und so griffen sie nicht den Magier an, sondern sich selbst. Zu seiner Belustigung zwang er die Menschen, sich gegenseitig zu verprügeln. Steine und Pfeile, die eigentlich für den Magier gedacht waren, verletzten die Menschen. Manchmal traf sie ein Stein oder ein Pfeil genau zwischen die Augen, sodass es nicht wenige gab, die dadurch ihre Sehkraft verloren. Mut- und kraftlos zogen die Menschen nach der Schlacht von dannen und mussten am nächsten Tag das Gleiche tun wie davor: Unter der Zauberkraft des Magiers ununterbrochen schuften.

Doch die Menschen gaben nicht auf und überlegten mit ganzer Geisteskraft, wie sie sich aus den kräftigen Fängen des Zauberers befreien könnten. Ein Mädchen namens Smarty hatte eine Idee. Sie wollte den Magier dazu bringen, dass er sich mit seiner eigenen Zauberkraft selbst schadet. Sie wusste, dass der Magier nur Muskelkräfte beeinflussen konnte. Eine eigene Kraft, die zwischen zwei Körpern wirkt, konnte der Magier nicht erzeugen. Er konnte also keine Dinge schweben lassen oder Gegenstände, die auf ihn zuflogen, aufhalten. Dies war die Schwachstelle des Magiers. Denn wenn ein Mensch einen Stein auf den Magier warf, musste der Magier seine Zauberkraft anwenden, bevor der Stein die Hand des Menschen verlassen hatte. Der Plan des schlauen Mädchens war es, diese Schwachstelle auszunutzen.

Nachdem Smarty jahrelang plante und ausprobierte, ging sie mit ihrem besten Freund Toss, der von dem klugen Mädchen fasziniert und vielleicht auch ein kleines bisschen verliebt in sie war, zu dem Magier. Toss war mit einem Stein bewaffnet und so standen sie beide vor ihm und konnten nur mit Mühe ihre Angst verbergen. Smarty nahm allen Mut zusammen und versuchte möglichst cool zu wirken: „Lieber Zauberer, du bist in deinem Handwerk sicherlich einer der Besten, aber leider bist du dumm wie ein Stück Brot. Und wir Menschen haben nicht länger Lust, uns von einem Stück Brot schikanieren zu lassen, deshalb werden wir dich jetzt auf den Mond schießen."

Nachdem der Magier zunächst ungläubig in seinem Ohr gebohrt und ein haselnussgroßes Stück Schmalz herausbefördert hatte, fing er lauthals an zu lachen: „Hahaha, du willst klüger sein als ich?? Du bist nur eine hirnlose Göre!" Dann machte er, was er am liebsten tat. Er zwang Toss dazu, den faustgroßen Stein, den er in seinen Händen hielt, genau zwischen die Augen von Smarty zu werfen.

Der Stein flog in die Richtung von Smarty, gleich würde er sie treffen und sie ihre Sehkraft verlieren. Nur noch wenige Zentimeter bis zu ihrem Kopf, reflexartig schloss sie ihre Augen und … plötzlich spannte sich eine Schnur, die an dem Stein befestigt war. Diese Schnur war etwa 500 m lang und führte durch ein kleines Wäldchen, hinter dem ein großer Wurfapparat stand. Dieser Wurfapparat sah aus wie ein riesiger Arm, der von einer dicken Feder gespannt wurde.

Hörspiel – Der Herr der Kräfte, Folie 1.1.1.1

Nur ein kleines Hölzchen verhinderte, dass die Feder auslöste. Und genau an diesem Hölzchen war die Schnur des Steines befestigt. Die gespannte Schnur zog das Hölzchen aus dem Wurfapparat, was unweigerlich dazu führte, dass die Feder auslöste und den Wurfarm blitzschnell in Bewegung versetzte. Im Wurfarm befand sich eine Melone, die Smarty zuvor dort hineingelegt hatte. Durch die Bewegung wirkte zwischen Wurfarm und Melone eine große Kraft. Dadurch wurde sie enorm beschleunigt. Nachdem die Melone mit hoher Geschwindigkeit den Wurfapparat verlassen hatte, flog sie unaufhaltsam auf den Magier zu. Als der Magier dies bemerkte, war es schon zu spät. Alle Versuche, die Melone mit seiner Zauberkraft aufzuhalten, halfen nichts. Begleitet von einem dumpfen Stoß erreichte sie ihr Ziel. Während die Melone den Kopf des Magiers traf, trat zwischen Melone und Kopf eine enorm große Kraft auf, sodass die Melone abrupt abgebremst wurde, sich enorm verformte und in tausend Stücke zerbrach. Der Magier hingegen wurde durch die Wucht des Aufpralls sofort ohnmächtig und fiel kraftlos in sich zusammen.

Und bevor er aus der Ohnmacht erwachte, setzte man ihn auf den Wurfapparat, richtete diesen Richtung Mond aus und feuerte ab. Ohne frische Kleider und Deoroller lebt nun der Zauberer seit mehreren Tausend Jahren auf dem Mond. Falls ihr mal dazu kommt, auf den Mond zu fahren, nehmt ja keinen kräftigen Atemzug, denn es stinkt erbärmlich da oben.

Die Menschen auf der Erde hingegen feierten den Sieg mit einem kräftigen Rinderbraten und mit viel Musik und Tanz.

Sequenz 2: Kräfte messen

Zeitrahmen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …	
• beschreiben das Prinzip „Actio und Reactio“ (IK 1).	• „Actio und Reactio“ bedeutet, dass die Kraft, die von einem Körper auf den anderen ausgeübt wird, mit demselben Betrag, allerdings in entgegengesetzter Richtung, auch vom anderen Körper ausgeübt wird.
• messen mit einem Federkraftmesser die Kraft (IK 1).	• Kraft wird in Newton [N] gemessen und das Formelzeichen lautet *F* (engl. „force“). Zum Kräfte messen benutzt man häufig Federkraftmesser.
• unterscheiden Masse und Gewichtskraft (IK 1).	• Die Kraft ist im Gegensatz zur Masse keine Eigenschaft eines Körpers. Die Kraft hat eine Richtung, in die sie wirkt. Die Masse hingegen weist keine Richtung auf.
• erläutern den Zusammenhang zwischen Masse und Gewichtskraft (IK 1).	• Je mehr Masse ein Körper besitzt, desto höher ist seine Gewichtskraft. Deshalb kann man die Werte in der Sekundarstufe leicht umrechnen, indem man von Gramm auf Newton zwei Kommastellen nach links verschiebt (z. B. 100 g entspricht 1 N).
• beschreiben, dass Kräfte Bewegungen verändern und Dinge verformen können (IK 1).	• Je stärker man die Geschwindigkeit eines Körpers verändern möchte, desto mehr Kraft wird benötigt. • Je größer die Masse eines Körpers ist, dessen Geschwindigkeit man verändern möchte, desto mehr Kraft wird benötigt. • Je stärker man einen Körper verformen möchte, desto mehr Kraft wird benötigt.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	**Zugehöriges Wissen**
Die Schülerinnen und Schüler …	
• verwenden geeignete Belege zur Begründung einer Aussage bzw. erkennen zur Begründung einer Aussage ungeeignete Belege (PK-N 3).	Jede naturwissenschaftliche Aussage muss mit Belegen und Beweisen gestützt sein. Findet man einen Gegenbeleg, ist die Aussage widerlegt.
• bauen einen geplanten Versuch bzw. ein geplantes Experiment sachgerecht auf und führen ihn bzw. es sorgfältig durch (PK-N 5).	Um einen Versuch bzw. ein Experiment exakt durchführen zu können, müssen der Aufbau und die Durchführung sorgfältig vonstattengehen.
• geben die Randbedingungen für die gemachte Beobachtung an (PK-N 6).	Um Abweichungen beim Messverfahren erklären zu können, ist es wichtig, Randbedingungen der Messung zu dokumentieren.
• messen sorgfältig (PK-N 7).	Nur eine sorgfältige Messung ist eine gute Messung.
• notieren im Rahmen der Dokumentation alle relevanten Parameter und deren Manipulation in nachvollziehbarer Weise (PK-N 8).	Eine gute Dokumentation hilft zukünftig anderen und einem selbst, die Untersuchung nachzuvollziehen.

Kurzbeschreibung der Stunde

Nachdem die Thematik der letzten Stunde wieder aufgegriffen und in einen naturwissenschaftshistorischen Kontext gesetzt wurde, wird der Fokus auf das Messen von Kräften gelegt. Hierbei werden gleichzeitig die Faktoren, die Kräfte beeinflussen (Masse und Beschleunigung), ermittelt. Zum Schluss werden alle Erkenntnisse auf einem Arbeitsblatt zusammengefasst.

Organisatorischer Hinweis

Die Arbeitsblätter und Stationskarten dieser Sequenz liegen sowohl in einer schwierigen als auch in einer leichten Fassung vor. Es liegt im Ermessen der Lehrkraft, inwieweit sie diese Differenzierung einsetzt. Das Arbeitsblatt „Zusammenfassung“ liegt nicht in differenzierter Form vor.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Einzelarbeit und Klassengespräch **15 min**	**Einstieg** LK legt einen Text auf, der die Thematik der letzten Stunde aufgreift und in einen naturwissenschaftshistorischen Kontext setzt. LK stellt von Newton eine Überleitung zum Kräftemessen her. SuS lösen Aufgaben 1 und 2. LK klärt bei Fragen zu Aufgabe 2 diese spätestens am Ende der Stunde. (Das leichte Auto wird nicht deswegen vom schweren Auto weggeschoben, weil das andere Auto mehr Kraft ausübt, sondern weil es bei gleicher Kraft leichter ist.)	• AB 1.2.1.0 • Folie 1.2.1
Gruppenarbeit und Klassengespräch **30 min**	**Erarbeitung** SuS betrachten in 3er-Gruppen drei verschiedene Kraftmesser: Funktion, Zahlen, Buchstaben (Aufgabe 3). LK geht im Klassengespräch auf die einzelnen Aspekte ein. SuS hängen verschiedene Massestücke an die Kraftmesser und beschreiben ihre Beobachtung qualitativ und quantitativ. Sie tragen die Messwerte in ein Diagramm ein (Aufgabe 4), notieren Auffälligkeiten (Aufgabe 5). LK hilft bei der Umrechnung von Masse (g) in Kraft (F): zwei Kommastellen nach links verschieben bzw. zwei Nullen wegstreichen und umgekehrt. SuS lösen Aufgaben 6–8 der Arbeitsblätter 1.2.1.1-1.2.1.2. LK erarbeitet im Klassengespräch eine „Gemeinsamkeit“ von Kraft und Masse (große Masse bedeutet große Kraft) und zwei Unterschiede (eine Kraft hat immer eine Richtung; eine Kraft „braucht“ immer zwei Körper). LK greift noch einmal auf die beim Hörspiel erstellte Tabelle zurück. SuS bearbeiten fakultativ Aufgabe 9.	• je 1 Federkraftmesser 2,5 N, 10 N, 50 N • AB 1.2.1.0–1.2.1.2
Gruppenarbeit, Stationenlauf **35 min**	**Üben/Erarbeiten: Experimente mit dem Kraftmesser** LK weist darauf hin, die Kraftmesser nicht zu überdehnen, sie jeweils mit dem Rädchen auf null zu stellen und je nach Versuch den richtigen Kraftmesser auszuwählen. SuS erarbeiten die folgenden Stationen, die jeweils in zwei Niveaus vorliegen: Station 1: Leeres Wägelchen langsam und schnell beschleunigen. Station 2: Wägelchen mit und ohne Massenstück positiv beschleunigen. Station 3: Wägelchen unterschiedlich stark abbremsen. Station 4: Wägelchen mit und ohne Massenstück abbremsen. Station 5 (freiwillig, wenn die anderen Stationen belegt sind): Materialprüfung: Reißfestigkeit von unterschiedlichen Schnüren.	• AB 1.2.2.0 • 5–6 Federkraftmesser 2,5 N, 10 N, 50 N • 4 Wägelchen • 2 1-kg-Massestücke • je 11 50-g-, • 100-g- und 200-g-Massen • Maurerschnur für den Bremsversuch • 3 Nähfäden • 3 Wollfäden • 3 Haushaltsgummis

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
	Station 6 (freiwillig, wenn die anderen Stationen belegt sind): Welche Kraft tritt auf, wenn ich meine Schultasche hochhebe, den Reißverschluss meines Federmäppchens öffne? Mit welchem Kraftmesser erziele ich die höchste Genauigkeit? ➔ Kraftmesser mit dem geringstmöglichen Maximalwert wählen. Station 7: Verformung eines Gummis messen. LK kontrolliert die Ergebnisse und diskutiert mit SuS über die Qualität der Versuchsaufbauten: Was ließe sich tun, um sie zu verbessern? (Stichwort Messgenauigkeit)?	
Einzelarbeit **10 min**	**Ergebnissicherung** SuS fassen alle Erkenntnisse auf Arbeitsblatt zusammen.	• AB 1.2.3.0

Materialien

Kursiv und fett geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.
Sie befinden sich nicht in den Kisten!

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	2	***1-kg-Massestücke***
	je 11	***Massen mit 50 g, 100 g und 200 g***
	5	***Federkraftmesser 2,5 N***
	6	***Federkraftmesser 10 N***
	5	***Federkraftmesser 50 N***
	4	Wägelchen (aufgebaut aus 4 Grundplatten, 8 Seitenteilen mit Rad und 8 Seitenteilen ohne Rad)
	1	Maurerschnur (reißfest)
	3	Nähfäden
	3	Wollfäden
	3	***Haushaltsgummis***

Aufbau Wägelchen

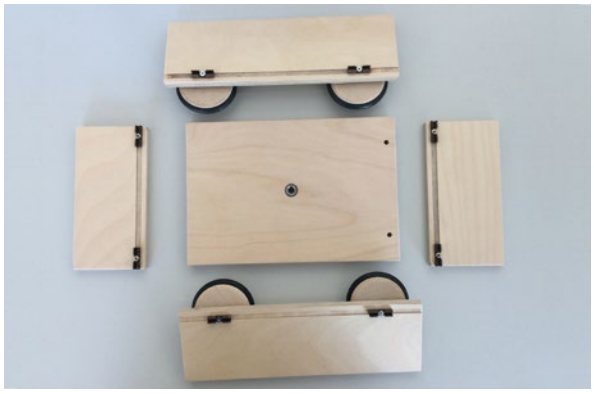


Abb. 4: Einzelteile des Wägelchens

Abb. 5: Fest andrücken, bis die Seitenteile einrasten

Abb. 6: Fest andrücken, bis die Seitenteile einrasten

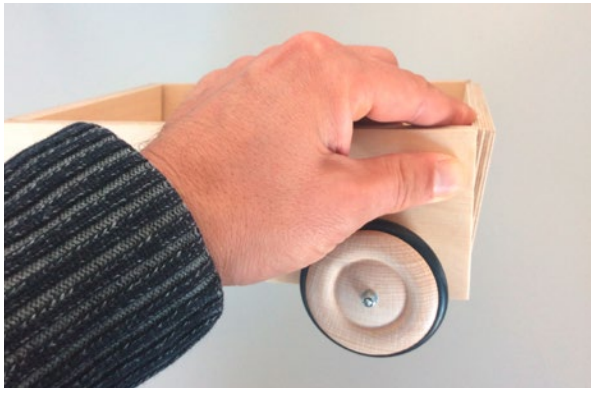


Abb. 7: Zur Demontage Seitenteile kippen

Kräfte messen, Arbeitsblatt 1.2.1.0

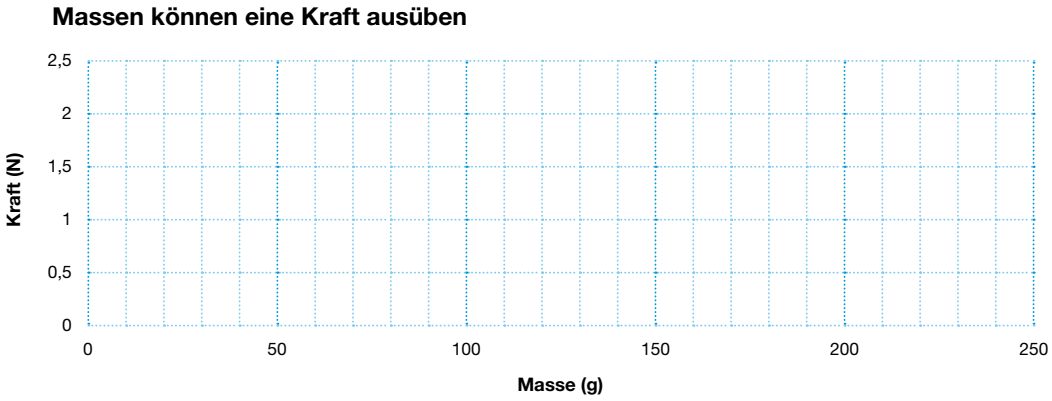
1. **Seit wann spricht man in der Wissenschaft von dem Begriff Kraft?**

2. **Nehmt euch zu dritt die Federkraftmesser und schaut sie euch genau an. Aus was bestehen sie, welche Zahlen und Buchstaben sieht man, wie funktionieren sie? Hängt dazu Massestücke ein und/oder zieht daran. Sprecht in der Klasse darüber.**

   In welcher Einheit wird die Kraft gemessen und wie wird sie abgekürzt?

   Natürlich besitzt die Kraft auch ein Formelzeichen. Dies leitet sich vom lateinischen Wort „fortitudo“ oder dem englischen „force“ (= Kraft) ab und lautet demnach:

3. **Hängt ein 200-g-, ein 100-g- und ein 50-g-Massestück an den Kraftmesser (2,5 N). Welchen Wert zeigt der Kraftmesser an. Wie groß wäre der Wert bei 0 g Masse? Tragt alle Werte in das Koordinatensystem ein. Was fällt euch auf?**



4. **Fülle den folgenden Lückentext aus**

   Je größer die Masse eines Körpers ist, desto _____ ist die Anziehungskraft zwischen dem Erdboden und diesem Körper. Diese Kraft nennt man Gewichtskraft. Wenn die Anziehungskraft zwischen Erde und Masse 1,0 N beträgt, dann wiegt die Masse ca. _____. Wenn die Anziehungskraft zwischen Erde und Massestück 2,0 N beträgt, dann wiegt die Masse ca. _____. Hat ein Massestück die Masse von 50 g, dann beträgt die Anziehungskraft zwischen Erde und Massestück _____.

Kräfte messen, Arbeitsblatt 1.2.1.1

5. Auf dem Mond herrscht bei gleicher Masse nur 1/6 der Gewichtskraft gegenüber der Erde. Versuche nun selbstständig auszurechnen:

Masse in Gramm auf der Erde	Gewichtskraft in Newton auf der Erde	Masse in Gramm auf dem Mond	Gewichtskraft in Newton auf dem Mond
5000 g	50 N	5000 g	8,33 N
700 g			
	3,5 N		
	63 N		
80 g			

6. Stelle nun eine Regel auf, wie man auf der Erde (!) mit der Masse (Gramm) eines Körpers die Gewichtskraft (Newton) berechnen kann.

Möchte man von Gramm in Newton umrechnen, muss man durch den Divisor/Teiler …

_____.

Möchte man von Newton in Gramm umrechnen, muss man ...

_____.

7. Kräfte haben im Gegensatz zur Masse immer eine Richtung. Wie würdest du eine Kraft zeichnerisch darstellen? Wie würdest du dabei eine große von einer kleinen Kraft unterscheiden? (Zeichne mit Bleistift!)

Kräfte messen, Arbeitsblatt 1.2.1.2

8. **Gewichtskraft und Masse sind miteinander verwandt. Das bedeutet, dass sie zwar etwas gemeinsam haben, aber nicht das Gleiche sind. Worin liegt die Gemeinsamkeit und worin liegen die Unterschiede?**

Gemeinsamkeit	Unterschiede

9. **Zum Knobeln: Ein Gleichnis zur Gewichtskraft und Masse:**

   Ein Mensch, der **höflich** ist, **begrüßt** die Menschen, die ihm begegnen. Diese Menschen können vor ihm, hinter ihm und neben ihm stehen.

   Wenn du die Eigenschaften der Wörter „Höflichkeit“ und „Begrüßung“ mit den Eigenschaften von „Kraft“ und „Masse“ vergleichst, welchen beiden Wörtern würdest du die gleiche Eigenschaft zuordnen?

   Begrüßung = _____ *Höflichkeit* = _____

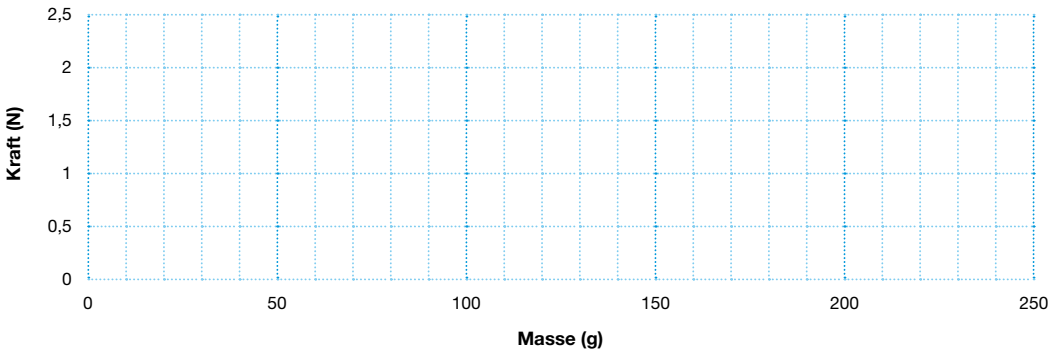
Kräfte messen, Arbeitsblatt 1.2.1.0

1. **Nehmt euch zu dritt die Federkraftmesser und schaut sie euch genau an. Woraus bestehen sie? Welche Zahlen und Buchstaben sieht man? Wie funktionieren sie? Hängt dazu verschiedene Massestücke an die Kraftmesser und/oder zieht daran. Notiert eure Antworten und protokolliert eure Beobachtungen.**

2. **Vervollständige folgenden Text:**

   Kräfte kann man messen. Sie werden in der Einheit _____ gemessen.
   Das englische Wort für Kraft ist „force“, abgeleitet vom lateinische Wort „fortitudo“.
   Daher werden Kräfte in mathematischen Formeln auch mit dem Buchstaben _____ bezeichnet.

3. **Hänge nacheinander ein Massestück der Masse 200, 100 und 50 Gramm an den Kraftmesser (2,5 N). Welchen Wert zeigt der Kraftmesser an? Wie groß wäre der Wert bei 0 g Masse? Trage alle Werte in das folgende Diagramm ein.**



4. **Notiere, was dir in obigem Diagramm auffällt.**

5. **Fülle den folgenden Lückentext aus:**

   Alle Körper werden von der Erde _____. Es herrscht eine _____ zwischen der Erde und den Körpern. Diese Kraft nennt man _____. Je höher die Masse eines Körpers ist, desto _____ ist die _____.

Kräfte messen, Arbeitsblatt 1.2.1.1

6. **Kräfte haben im Unterschied zur Masse nicht nur eine Größe, sondern auch eine Richtung. Wie würdest du eine Kraft zeichnerisch darstellen? Wie würdest du dabei eine große von einer kleinen Kraft unterscheiden? Zeichne mit Bleistift!**

7. **Finde nun eine allgemeine Gesetzmäßigkeit zwischen der Masse eines Körpers und der Gewichtskraft auf der Erde, indem du dir nochmals deine Messung aus Aufgabe 4 anschaust. Überlege außerdem: Die Gewichtskraft beträgt auf dem Mond nur ein Sechstel bei gleicher Masse. Vervollständige dazu folgende Tabelle:**

Masse in Gramm auf der Erde	Gewichtskraft in Newton auf der Erde	Masse in Gramm auf dem Mond	Gewichtskraft in Newton auf dem Mond
50 g			
100 g			
200 g			

8. **Versuche nun, eine allgemeine Gesetzmäßigkeit aufzuschreiben, die beschreibt, wie aus der Masse (in Gramm) eines beliebigen Körpers dessen Gewichtskraft auf der Erde berechnet werden kann. Wir werden diese Aufgabe nachher im Plenum besprechen.**

Kräfte messen, Arbeitsblatt 1.2.1.2

9. Schreibe nun die „umgekehrte“ Gesetzmäßigkeit auf, die beschreibt, wie aus der Gewichtskraft eines beliebigen Körpers auf der Erde dessen Masse (in Gramm) berechnet werden kann.

10. Masse und Gewicht werden im Alltag häufig synonym verwendet. Physikerinnen und Physiker unterscheiden aber Gewicht von Masse. Sie benutzen Gewicht als Abkürzung für die Gewichts*kraft*. Doch worin bestehen eigentlich genau die Unterschiede und die Gemeinsamkeit zwischen Gewichts*kraft* und Masse?

Gemeinsamkeit	Unterschiede

Wann hohe Kräfte wirken; Arbeitsblatt 1.2.2.0

Station 1 – Beschleunigung (Station ist einmal vorhanden)
Hängt den Federkraftmesser in die Öse des Wägelchens und verändert seine Geschwindigkeit (beschleunigen), indem einer am Federkraftmesser zieht. Beschleunigt einmal schwach und einmal stark. Beobachtung:

Je _____ man die Geschwindigkeit erhöht, desto _____ Kraft wirkt.

Station 2 – Masse I (Station ist einmal vorhanden)
Zieht das Wägelchen am Federkraftmesser den Tisch entlang, und zwar so, dass immer die gleiche Kraft (ca. 1 N) angezeigt wird. Wiederholt den Versuch mit verschiedenen Massen (z. B. mit 100 g und 500 g). Beschreibt eure Beobachtungen und füllt die Lücken aus

Je _____ die Masse ist, deren Geschwindigkeit erhöht werden soll, desto _____ Kraft muss wirken.

Station 3 – Abbremsen (= umgekehrte oder negative Beschleunigung) (Station einmal istvorhanden)
Hängt den Federkraftmesser an die Schnur, die an der Öse des Wägelchens befestigt ist. Gebt dem Wägelchen einen Stoß und lasst es von alleine weiterrollen, bis der Faden gespannt wird. Was zeigt der Federkraftmesser an? Führt den Versuch mit langsamer und schneller Geschwindigkeit des Wägelchens durch. Beobachtung:

Je _____ man die Geschwindigkeit verringert, desto _____ Kraft muss wirken.

Station 4 – Masse II (Station ist einmal vorhanden)
Hängt den Federkraftmesser an die Schnur, die an der Öse des Wägelchens befestigt ist. Lasst das Wägelchen von einer kleinen Rampe (z. B. mit einem Buch einen Tisch schräg stellen) gleiten, bis der Faden gespannt wird. Haltet den Kraftmesser dabei fest und beobachtet seine Anzeige genau. Wiederholt den Versuch mit verschiedenen Massen (z. B. mit 100 g und 500 g). Beschreibt eure Beobachtungen und füllt die Lücken aus.

Je _____ die Masse ist, deren Bewegung man abbremsen möchte, desto _____ Kraft muss wirken.

Station 5 – Materialprüfung: Reißfestigkeit von Garn (Station ist dreimal vorhanden)
Stellt euch vor, ihr seid Materialprüfer! Eine Firma, die Textilien herstellt, möchte wissen, wie belastbar ihr Material ist. Findet dies durch ein Experiment heraus. Überlegt euch, wie ihr vorgeht, und probiert es aus.

Reißkraft des Nähfadens: _____ Reißkraft der Wolle: _____

Station 6 – Kraft im Schulalltag (am eigenen Pult)
Messt die Kraft, die wirkt, wenn ihr eure eigene Schultasche hochhebt. Messt mit welcher Kraft sich der Reißverschluss eures Mäppchens öffnet. Schreibt die Ergebnisse auf. Überlegt euch, mit welchem Kraftmesser ihr am genauesten messen könnt.

_____

Station 7 – Verformung (Station ist dreimal vorhanden)
Hängt das Gummi so in den Kraftmesser, dass es leicht gespannt ist. Legt nun ein Geodreieck oder Lineal so daneben, dass der Haken genau bei null ist. Dehnt nun das Gummi, indem ihr an dem Kraftmesser zieht. Schreibt zu den Ausdehnungen den Kraftwert. Überlegt euch, mit welchem Kraftmesser ihr die genauesten Werte messen könnt.

1 cm: _____ 2 cm: _____ 3 cm: _____ 6 cm: _____

Vervollständige den Satz: Je stärker etwas verformt wird, desto _____ ist die _____.

Wann hohe Kräfte wirken; Arbeitsblatt 1.2.2.0

Station 1 – Gleichmäßig beschleunigte Bewegung I (Station ist einmal vorhanden)
Zieht das Wägelchen am Federkraftmesser den Tisch entlang, und zwar so, dass während des Ziehens immer die gleiche Kraft angezeigt wird. Wiederholt den Versuch mit verschiedenen Kraftstärken (z. B. mit ca. 0,5 N und ca. 2,0 N). Beschreibt eure Beobachtungen und formuliert einen Je-desto-Satz in euer Heft bzw. euren Ordner.

Station 2 – Gleichmäßig beschleunigte Bewegung II (Station ist einmal vorhanden)
Überlegt euch, welches Experiment ihr mit den gegebenen Materialien durchführen müsst, um die Lücken des Satzes richtig auszufüllen. Was müsst ihr bei der Beschleunigung des Wägelchens beachten? Führt das Experiment durch!

Je _____ die Masse ist, deren Geschwindigkeit erhöht werden soll, desto _____ Kraft muss wirken.

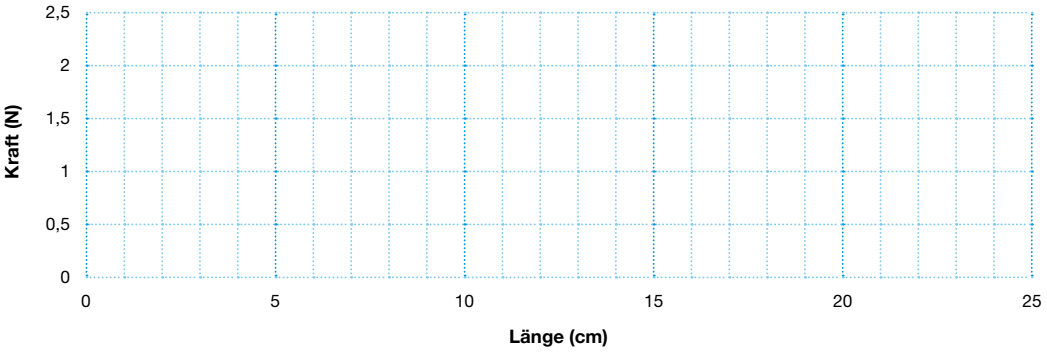
Station 3 – Abbremsen I (Station ist einmal vorhanden)
Hängt den Federkraftmesser an die Schnur, die an der Öse des Wägelchens befestigt ist. Gebt dem Wägelchen einen Stoß und lasst es von alleine weiterrollen, bis der Faden gespannt wird. Haltet den Kraftmesser dabei fest und beobachtet seine Anzeige genau. Beschreibt, wie die „Bremskraft“ von der Stärke des anfänglichen Stoßes abhängt, und formuliert einen Je-desto-Satz in eurem Heft bzw. eurem Ordner.

Station 4 – Abbremsen II (Station ist einmal vorhanden)
Hängt den Federkraftmesser an die Schnur, die an der Öse des Wägelchens befestigt ist. Lasst das Wägelchen von einer kleinen Rampe (z. B. mit einem Buch einen Tisch schräg stellen) gleiten, bis der Faden gespannt wird. Haltet den Kraftmesser dabei fest und beobachtet seine Anzeige genau. Wiederholt den Versuch mit verschiedenen Massen (z. B. mit 100 g und 500 g). Beschreibt eure Beobachtungen und formuliert einen Je-desto-Satz in eurem Heft bzw. eurem Ordner.

Station 5 – Materialprüfung: Reißfestigkeit eines Fadens (Station ist dreimal vorhanden)
Stellt euch vor, ihr seid Materialprüfer! Ein Schiffsbauer möchte wissen, wie belastbar das Material ist, aus dem die Segel sind. Bestimmt dazu die Reißkraft eines Nähfadens und eines Wollfadens. Beschreibt, wie ihr dabei vorgegangen seid und welche Ergebnisse ihr bekommen habt, in eurem Heft bzw. eurem Ordner. Überlegt euch nun, ob und wie sich eure Ergebnisse verändern, wenn ihr statt eines Fadens zwei Fäden benutzt. Überprüft eure Vorhersage mit einem Experiment und dokumentiert das Resultat in eurem Heft bzw. eurem Ordner.
Ist es möglich, ein Auto (1000 kg) mit Wollfäden anzuheben? Falls ja: Wie viele Wollfäden bräuchtet ihr dazu?

Station 6 – Kraft im Schulalltag (am eigenen Pult)
Messt die Kraft, die wirkt, wenn ihr eure eigene Schultasche hochhebt. Messt, mit welcher Kraft sich der Reißverschluss eures Mäppchens öffnet. Schreibt die Ergebnisse in euer Heft bzw. euren Ordner. Überlegt euch, mit welchem Kraftmesser ihr am genauesten messen könnt.

Station 7 – Verformung (Station ist dreimal vorhanden)
Zieht mit dem Kraftmesser an einem Gummiband und notiert euch für verschiedene Kraftstärken die Länge des Gummibandes. Stellt eure Messwerte in folgendem Diagramm dar:



Vervollständigt: Je größer die wirkende Kraft, desto _____ kann etwas verformt werden.

Zusammenfassung, Arbeitsblatt 1.2.3.0

1. **Was kann Kraft bewirken? Nenne zwei Punkte.**

2. **Gewichtskraft und Masse sind sich sehr ähnlich, aber nicht das Gleiche. Nenne einen Unterschied zwischen Kraft und Masse.**

3. **Zeichne Kraftpfeile für jede Aussage. Unterscheide zwischen „Es herrscht eine große Kraft“, „Es herrscht mittelmäßig viel Kraft“ und „Es herrscht wenig Kraft“.**

   Ein schweres Massestück stark nach rechts beschleunigen.

   Ein schweres Massestück, das sich nach rechts bewegt, schwach abbremsen.

   Ein nach unten fallendes, leichtes Massestück schwach abbremsen.

   Ein leichtes Massestück stark nach rechts oben beschleunigen.

   Einen weichen Gummi ein wenig nach links verformen.

4. **Rechne deine Körpermasse in Gramm um und berechne dann, mit welcher Kraft du von der Erde angezogen wirst.**

5. **Stell dir vor, eine Rakete startet von der Erde ins Weltall, gibt Vollgas, bis sie im Weltraum ist, und fliegt dort 20-mal schneller als ein Flugzeug. Weit entfernt von jeglichen Planeten und Sternen stellt sie ihre Triebwerke ab und fliegt mit gleicher Geschwindigkeit weiter. Wirkt an der Rakete nach dem Abschalten der Düsen noch eine spürbare Kraft? Kreuze zunächst mit Bleistift an. Nachdem in der Klasse die richtige Lösung besprochen wurde, zeichne einen roten Rahmen um die richtige Lösung.**

   ◯ Ja, weil die Rakete so schnell fliegt, muss eine Kraft wirken.
   ◯ Nein, weil Kräfte immer mindestens zwei Gegenstände brauchen, zwischen denen sie wirken können.

Kraft – eine lange Geschichte, Folie 1.2.1

In der letzten Stunde habt ihr gelernt, dass man den Begriff Kraft sehr unterschiedlich verwenden kann. Allerdings ist in den Naturwissenschaften genau festgelegt, was man als „Kraft" bezeichnen darf:

Kräfte …
a) treten immer nur zwischen mindestens zwei Körpern oder Dingen auf,
b) können die Geschwindigkeit von Körpern oder Dingen verändern und
c) können Körper oder Dinge verformen.

In der Geschichte der Wissenschaft dauerte es nicht nur eine Schulstunde, um auf diese Erkenntnis zu kommen, sondern ca. 2000 Jahre. Ungefähr 300 vor Christus glaubte der griechische Philosoph Aristoteles, dass Kraft die Eigenschaft eines Körpers sei. Außerdem dachte er, dass man Kraft nicht nur braucht, um die Geschwindigkeit zu verändern, sondern auch um eine Geschwindigkeit beizubehalten. Im ersten Augenblick erscheint dies auch logisch, denn es fühlt sich schließlich auch so an, wenn man z. B. versucht, beim Radfahren eine hohe Geschwindigkeit zu halten. Dies liegt aber daran, dass uns die Luft und die Reibung am Boden bremsen. Es sind also Reibungskräfte, die dafür sorgen, dass wir langsamer werden. Mit der Kraft, die wir ausüben, versuchen wir dies auszugleichen, und das strengt uns an und führt dazu, dass wir unsere Geschwindigkeit halten.

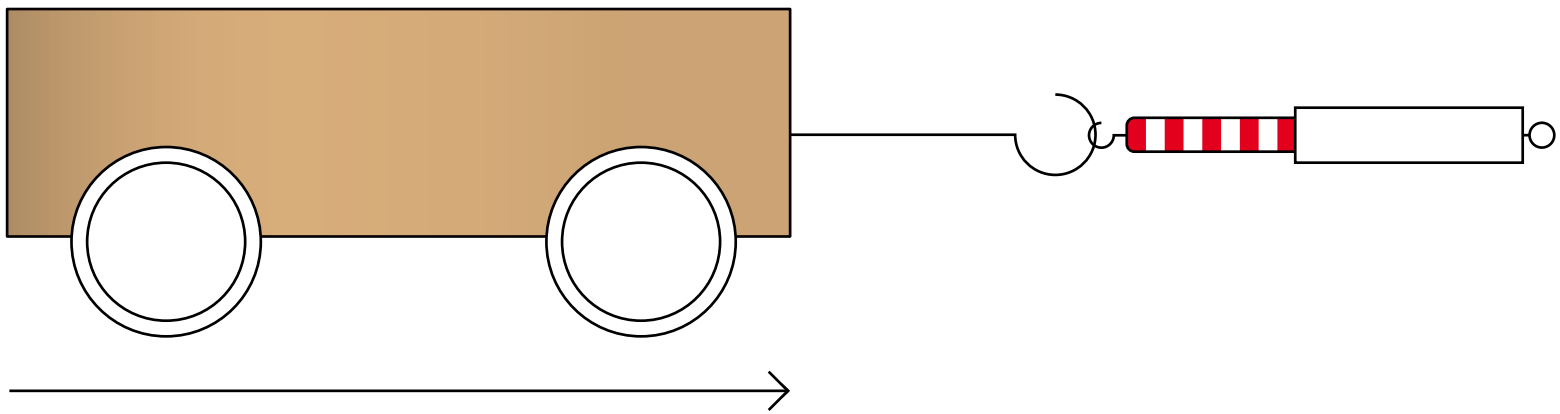
Erst seit dem 17. Jahrhundert versteht man unter dem Begriff Kraft dasselbe wie heute. Verantwortlich dafür waren vor allem die beiden Forscher Galileo Galilei und Sir Isaac Newton. Newton erkannte, dass Kraft ein Wechselspiel zwischen Körpern ist.

Der Legende nach fing Newton an, die Ursache von Bewegungen zu erforschen, nachdem ihm, während er im Garten unter einem Apfelbaum döste, ein Apfel auf den Kopf fiel.

Newton ist heute noch allgegenwärtig, wenn wir Kräfte messen, denn er ist der Namensgeber für die Maßeinheit der Kraft. Man kann also Kräfte messen, genauso wie man Strecken messen kann. Nur misst man diese nicht wie Strecken in Metern (abgekürzt: m), sondern in Newton (abgekürzt: N).

Station 1

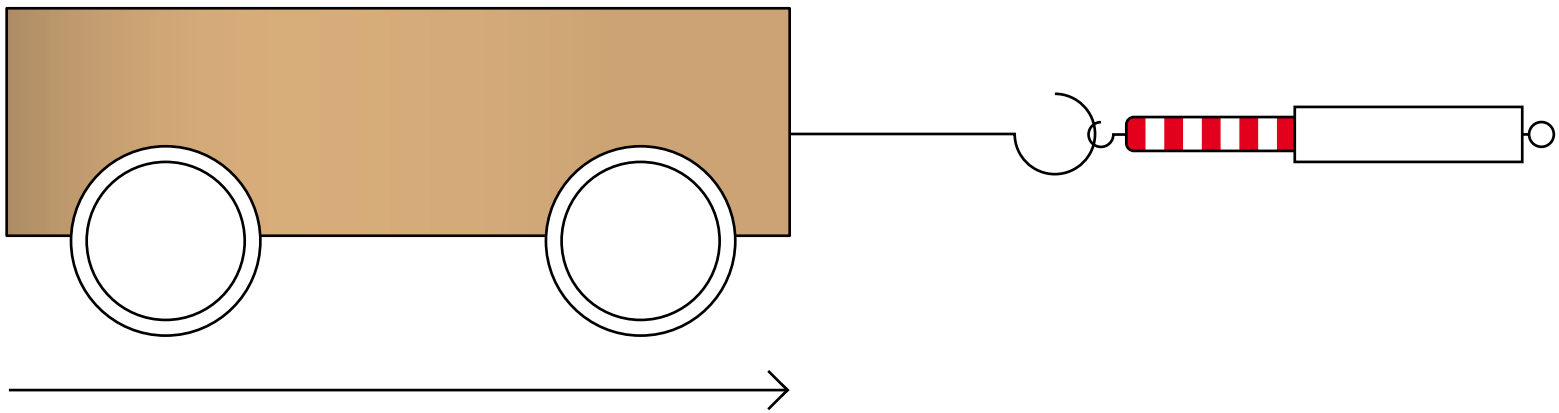
Beschleunigung



Hängt den Federkraftmesser in die Öse des Wägelchens und verändert seine Geschwindigkeit (beschleunigen), indem eine oder einer am Federkraftmesser zieht. Beschleunigt einmal schwach und einmal stark.

Station 1

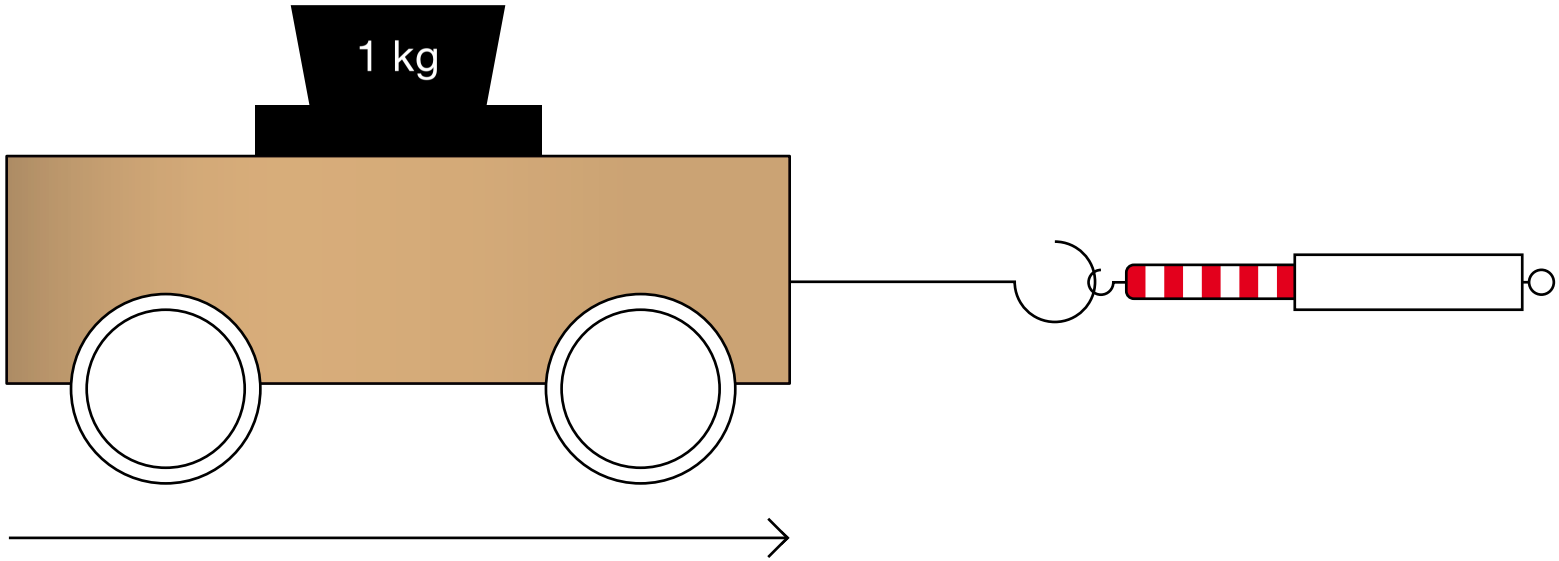
Gleichmäßig beschleunigte Bewegung I



Zieht das Wägelchen am Federkraftmesser den Tisch entlang, und zwar so, dass immer die gleiche Kraft angezeigt wird. Wiederholt den Versuch mit verschiedenen Kräften (z. B. mit ca. 0,5 N und ca. 2,0 N).

Station 2

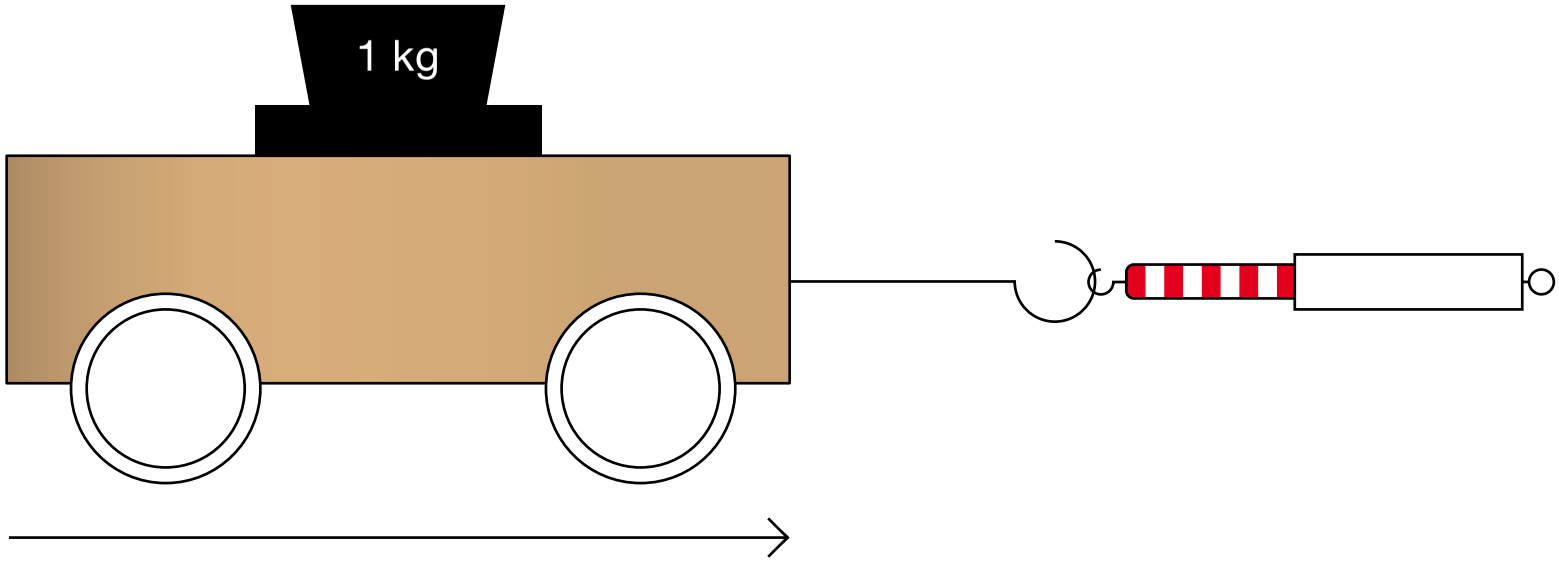
Masse I



Zieht das Wägelchen am Federkraftmesser den Tisch entlang, und zwar so, dass immer die gleiche Kraft (ca. 1 N) angezeigt wird. Wiederholt den Versuch mit verschiedenen Massen (z. B. mit 100 g und 500 g).

Station 2

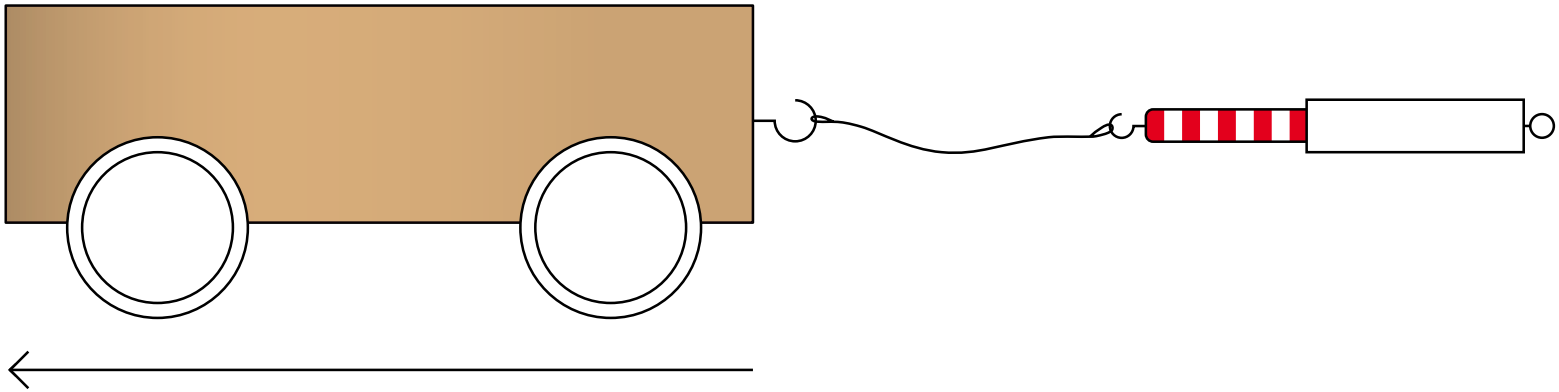
Gleichmäßig beschleunigte Bewegung II



Überlegt euch, welches Experiment ihr mit den gegebenen Materialien durchführen müsst, um die Lücken des Satzes richtig auszufüllen. Was müsst ihr bei der Beschleunigung des Wägelchens beachten? Führt das Experiment durch!

Station 3

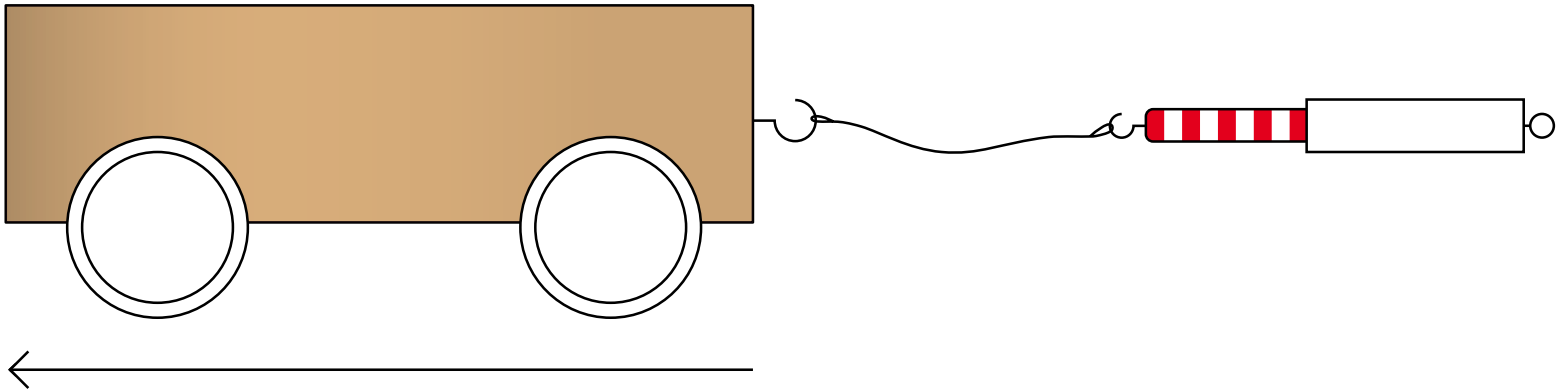
Abbremsen



Hängt den Federkraftmesser an die Schnur, die an der Öse des Wägelchens befestigt ist.
Gebt dem Wägelchen einen Stoß und lasst es von alleine weiterrollen, bis der Faden gespannt wird.
Was zeigt der Federkraftmesser an? Führt den Versuch mit langsamer und schneller Geschwindigkeit des Wägelchens durch.

Station 3

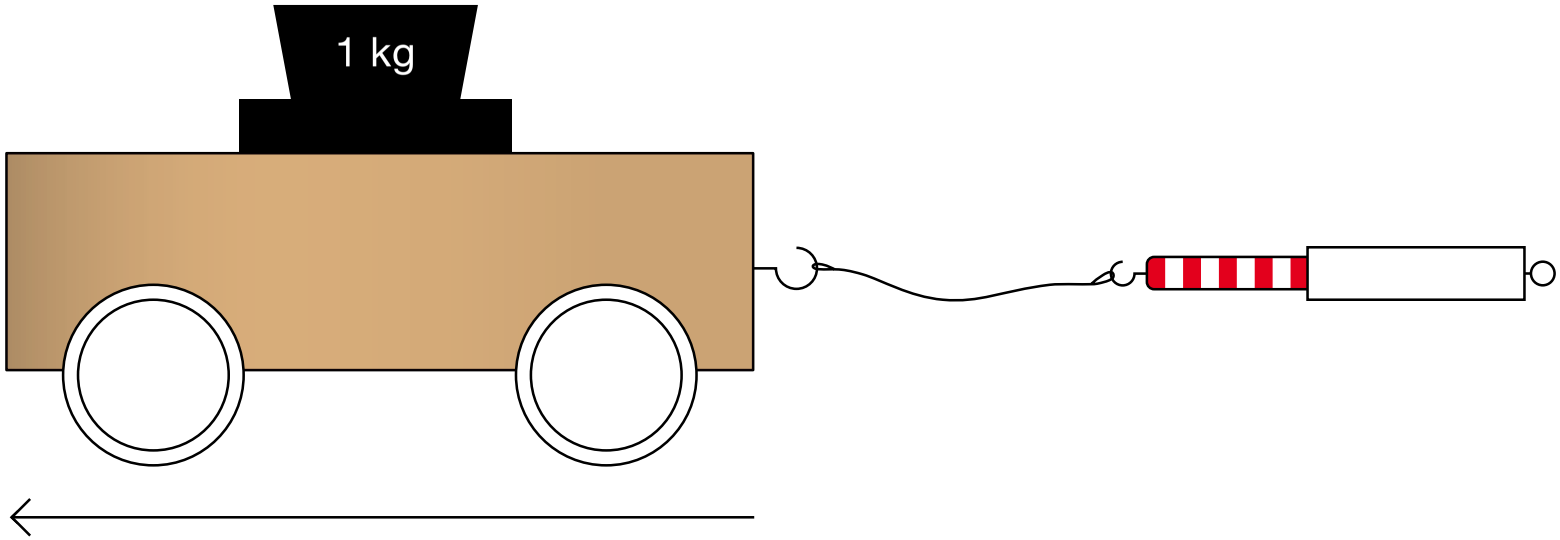
Abbremsen I



Hängt den Federkraftmesser an die Schnur, die an der Öse des Wägelchens befestigt ist.
Gebt dem Wägelchen einen Stoß und lasst es von alleine weiterrollen, bis der Faden gespannt wird.
Haltet den Kraftmesser dabei fest und beobachtet seine Anzeige genau.

Station 4

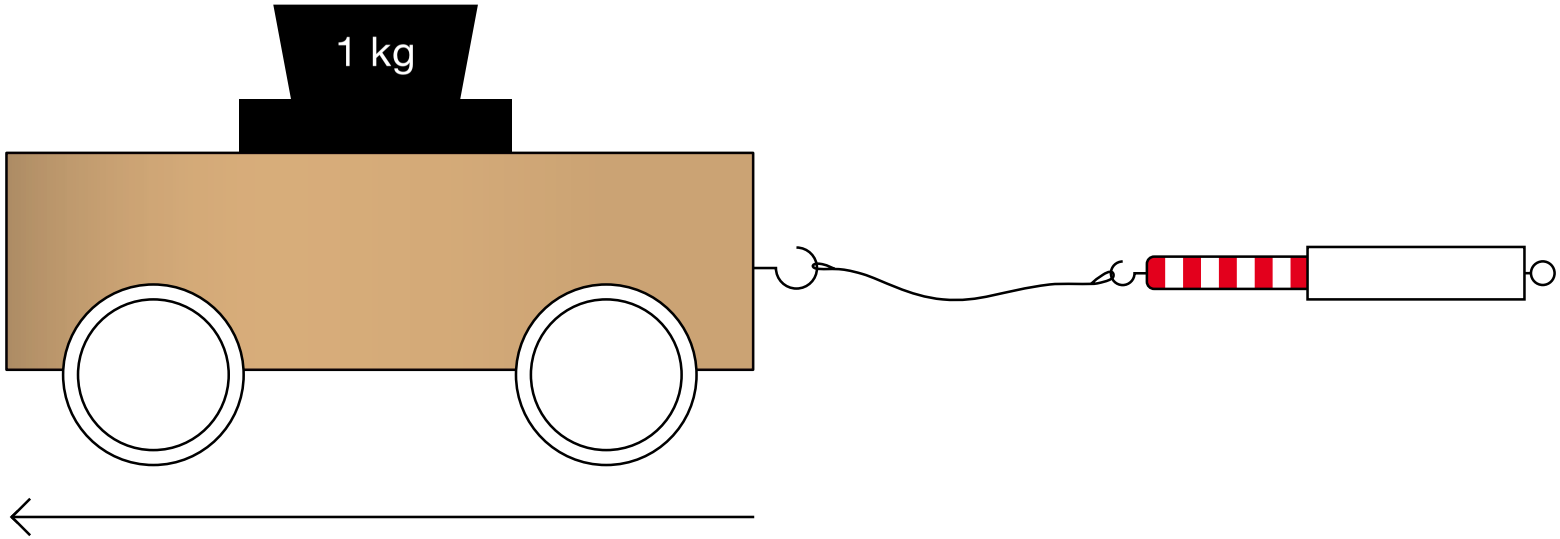
Masse II



Hängt den Federkraftmesser an die Schnur, die an der Öse des Wägelchens befestigt ist.
Lasst das Wägelchen von einer kleinen Rampe (z. B. mit einem Buch einen Tisch schräg stellen) gleiten, bis der Faden gespannt wird.
Haltet den Kraftmesser dabei fest und beobachtet seine Anzeige genau.
Wiederholt den Versuch mit verschiedenen Massen (z. B. mit 100 g und 500 g).

Station 4

Abbremsen II



Hängt den Federkraftmesser an die Schnur, die an der Öse des Wägelchens befestigt ist.
Lasst das Wägelchen von einer kleinen Rampe (z. B. mit einem Buch einen Tisch schräg stellen) gleiten, bis der Faden gespannt wird.
Haltet den Kraftmesser dabei fest und beobachtet seine Anzeige genau.
Wiederholt den Versuch mit verschiedenen Massen (z. B. mit 100 g und 500 g).

Station 5

Materialprüfung: Reißfestigkeit von Garn

Stellt euch vor, ihr seid Materialprüfer oder Materialprüferin!
Eine Firma, die Textilien herstellt, möchte wissen, wie belastbar ihr Material ist. Findet dies durch ein Experiment heraus.
Überlegt euch, wie ihr vorgeht, und probiert es aus.

Station 5

Materialprüfung: Reißfestigkeit eines Fadens

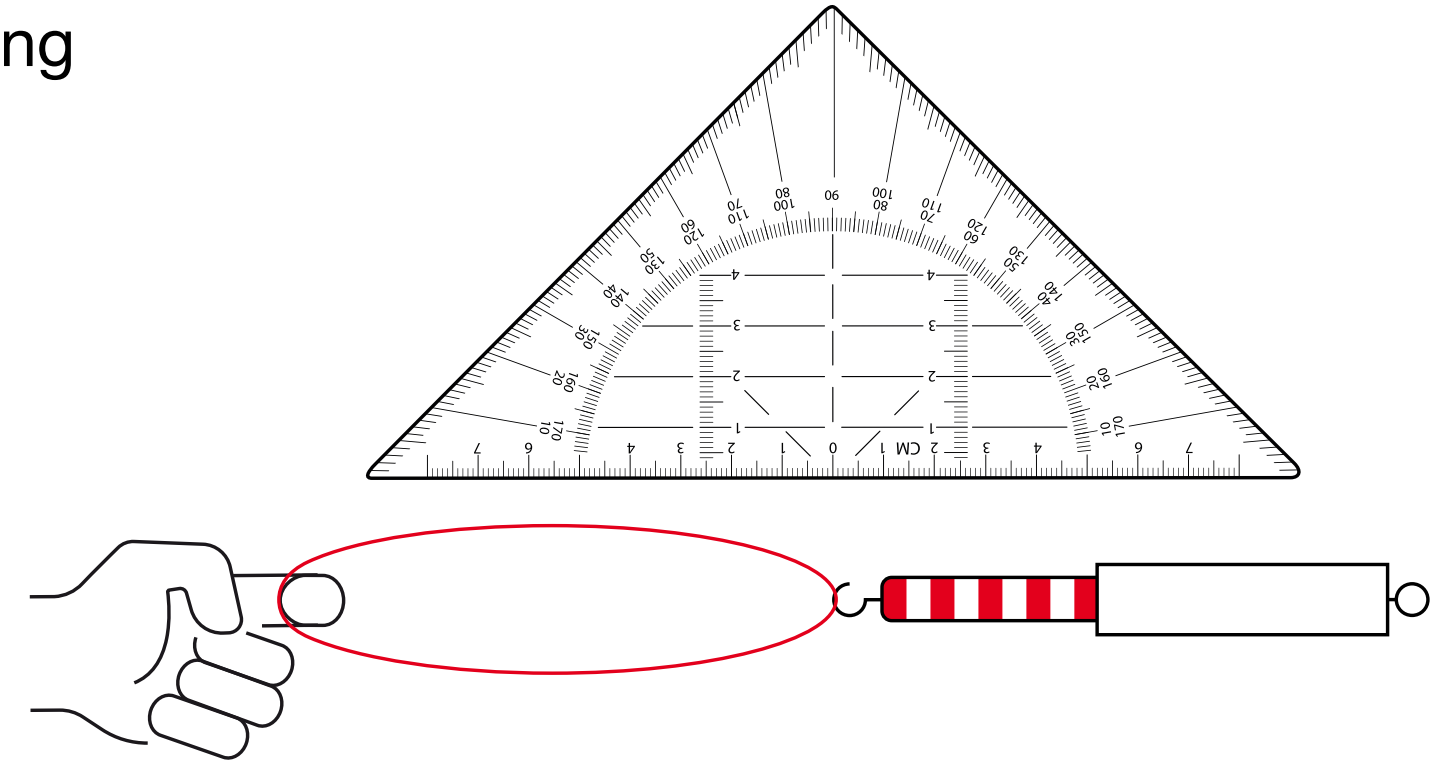
Stellt euch vor, ihr seid Materialprüfer oder Materialprüferin! Eine Werft möchte wissen, wie belastbar das Material ist, aus dem die Segel sind. Bestimmt dazu die Reißkraft eines Nähfadens und eines Wollfadens. Beschreibt, wie ihr dabei vorgegangen seid und welche Ergebnisse ihr bekommen habt.

Überlegt euch nun, ob und wie sich eure Ergebnisse verändern, wenn ihr statt eines Fadens zwei Fäden benutzt. Überprüft eure Vorhersage mit einem Experiment und dokumentiert das Resultat.

Ist es möglich ein Auto (1000 kg) mit Wollfäden anzuheben? Falls ja: Wie viele Wollfäden bräuchtet ihr dazu?

Station 7

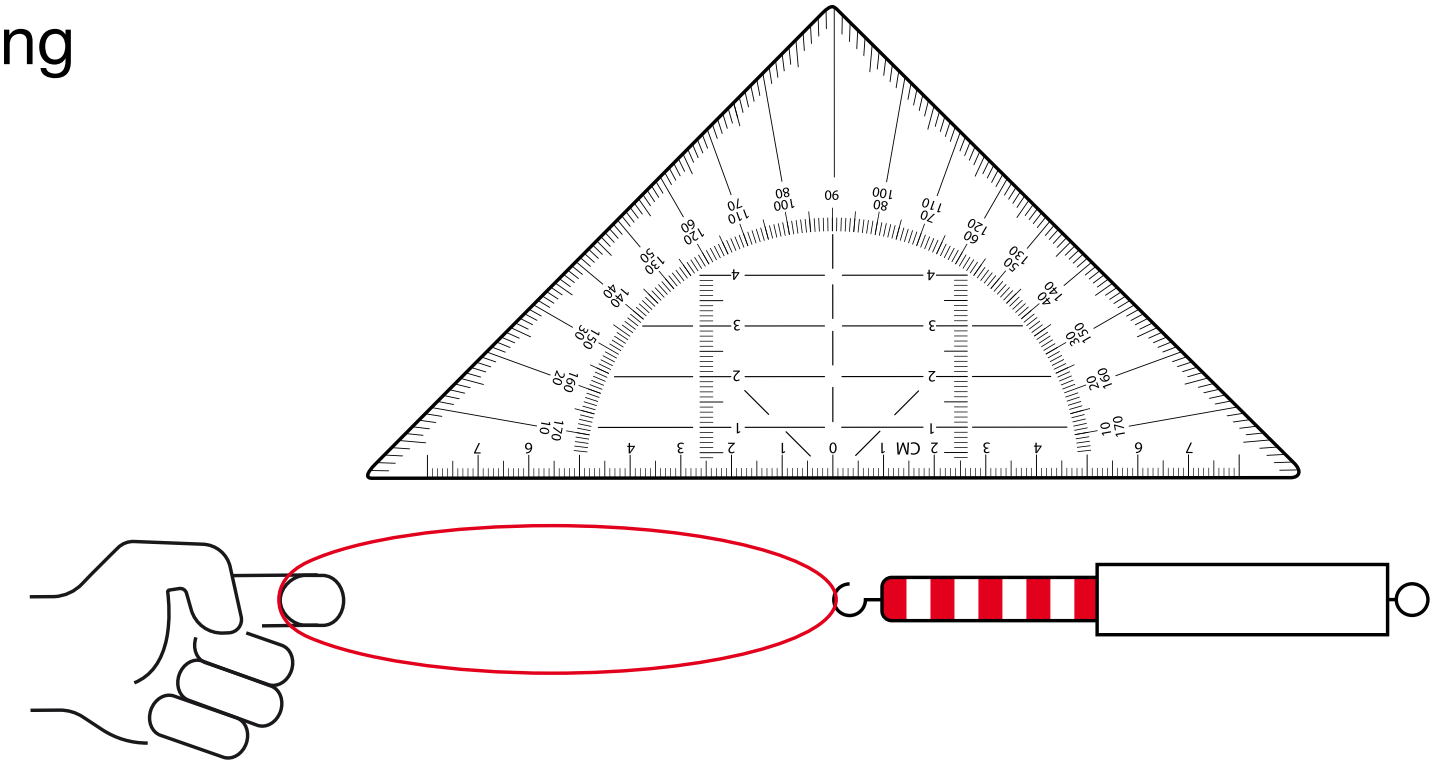
Verformung



Hängt das Gummi so in den Kraftmesser, dass es leicht gespannt ist.
Legt ein Geodreieck oder Lineal so daneben, dass der Haken genau bei Null ist.
Dehnt nun das Gummi, indem ihr an dem Kraftmesser zieht.
Schreibt zu den Ausdehnungen den Kraftwert.
Überlegt euch, mit welchem Kraftmesser ihr die genauesten Werte messen könnt.

Station 7

Verformung



Zieht mit dem Kraftmesser an einem Gummiband und notiert euch für verschiedene Kraftstärken die Länge des Gummibands.

Sequenz 3: Gut oder schlecht? Reibung und wie man sie beeinflussen kann

Zeitrahmen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …	
• begründen, dass Reibung sowohl nützlich als auch störend sein kann (IK 2).	Möchte man einen Gegenstand ziehen oder sich von einer Unterlage abdrücken, ist Reibung gewollt. Wirkt sie hingegen der Bewegung entgegen, ist sie störend.
• benennen die Faktoren, die Reibung beeinflussen (IK 2).	Je größer die Kraft, die zwischen Unterlage und Körper herrscht, desto größer ist die Reibung. Die Reibung ist größer, wenn ein Gegenstand aus dem Stillstand in Bewegung versetzt wird (Haftreibung), als wenn er gleitet (Gleitreibung). Je glatter die Oberflächenstrukturen der Kontaktflächen, desto geringer ist die Reibung. Die Rollreibung ist geringer als die Gleitreibung.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	**Zugehöriges Wissen**
Die Schülerinnen und Schüler …	
• formulieren Fragen, die sich mit naturwissenschaftlichen Verfahren untersuchen lassen (PK-N 1).	Häufig bildet eine Frage den Auslöser für eine Hypothese und nachfolgende Versuche.
• geben selbstständig angemessene Begründungen für Vermutungen und Hypothesen an (PK-N 2).	Eine Hypothese oder wissenschaftliche Vermutung sollte aus bisherigem Wissen oder Erfahrungen abgeleitet werden.
• bauen einen geplanten Versuch bzw. ein geplantes Experiment sachgerecht auf und führen ihn bzw. es sorgfältig durch (PK-N 5).	Um einen Versuch bzw. ein Experiment exakt durchführen zu können, müssen der Aufbau und die Durchführung sorgfältig vonstattengehen.
• entwickeln technische Experimente und führen diese durch (PK-T 1).	In Ergänzung zu naturwissenschaftlichen Prozessen geht es in der Technik oft um die Optimierung von Vorgängen, in dieser Sequenz entweder um das Reduzieren oder das Erhöhen der Reibung.
• geben Randbedingungen für die gemachte Beobachtung an (PK-N 6).	Um Abweichungen beim Messverfahren erklären zu können, ist es wichtig, Randbedingungen der Messung zu dokumentieren.
• messen sorgfältig (PK-N 7).	Nur eine sorgfältige Messung ist eine gute Messung.
• notieren im Rahmen der Dokumentation alle relevanten Parameter und deren Manipulation in nachvollziehbarer Weise (PK-N 8).	Eine gute Dokumentation hilft zukünftig anderen und einem selbst, die Untersuchung nachzuvollziehen.
• vergleichen alternative Vorgehensweisen (PK-N 12).	Bei Beobachtungen und Experimenten, z. B. zum Überprüfen von Hypothesen, gibt es oftmals verschiedene Durchführungsmöglichkeiten.
• erklären technische Zusammenhänge mit zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten (PK-T 2).	Im Alltag treten viele technische Prozesse auf, u. a. Haft-, Gleit- und Rollreibung. Die Lernenden sollen an technischen Gegenständen wie dem Kugellager oder Prozessen die der Reibung zugrunde liegenden Zusammenhänge erkunden und verstehen.

Kurzbeschreibung der Stunde

Die Schülerinnen und Schüler werden zunächst mit der Frage konfrontiert, ob Reibung hinderlich oder nützlich ist. Daraufhin werden sie angehalten, Reibung und ihre Ursachen genauer zu erforschen. Hierzu stellen sie eigene Hypothesen auf, die möglichst selbstständig überprüft werden sollen. Es sind sowohl Arbeitsblätter vorhanden, die ein langsames Einführen in das wissenschaftliche Arbeiten unterstützen (leichte Version), als auch ein Arbeitsblatt, das diese Fertigkeit bereits voraussetzt (schwere Version). Nachdem die einzelnen Hypothesen bestätigt bzw. abgelehnt wurden, fassen die Schülerinnen und Schüler alle neuen Erkenntnisse zusammen und lösen die Aufgaben auf einem abschließenden Arbeitsblatt.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Demonstration, Film und Klassengespräch **8 min**	**Einstieg** SuS Ein S zieht oder stößt andere(n) S auf Teppichrest oder Fußabtreter durch das Klassenzimmer. Teppichrest umdrehen und Versuch wiederholen. (Anmerkung: Die Person, die gezogen wird, sollte sich ein bisschen nach hinten lehnen.) LK Was geht leichter und warum? ➔ Weil die Reibung geringer ist, lässt sich der Schüler bzw. die Schülerin leichter bewegen. ➔ Demnach verhindert zu große Reibung, Dinge zu bewegen?! Film Trailer Die Eiskönigin LK Wieso kommen die nicht vorwärts? ➔ SuS werden Begriffe wie rutschig, glatt, eisig bringen. LK motiviert sie dazu, die Situation mit dem Begriff Reibung zu beschreiben. ➔ Demnach verhindert zu geringe Reibung, Dinge zu bewegen. Was stimmt nun?	• Teppichreste oder Fußabtreter • Trailer von „Die Eiskönigin – völlig unverfroren“, offizieller deutscher Trailer, Disney: www.youtube.com/watch?v=cFllxSYPqsg
Klassengespräch **4 min**	**Erarbeitung I** LK Thema der Unterrichtseinheit: Reibung und was sie beeinflusst. Wann ist denn nun Reibung gut fürs „Vorwärtskommen“ und wann schlecht? SuS *Wenn man sich abdrücken, abstoßen oder an etwas ziehen möchte, braucht man Reibung (zwischen Fuß und Boden bzw. Schuh und Boden). Ist dies nicht der Fall, ist Reibung meistens unerwünscht.* LK Mündlicher Zusatz: Die Kraft, die ein Motor bzw. Muskel aufbringt, ist zwar Grundvoraussetzung für die Beschleunigung, aber schlussendlich entscheidet die Reibung zwischen Rad bzw. Fuß und Untergrund, wie schnell man tatsächlich beschleunigen kann! „Der stärkste Motor nützt nichts, wenn auf Eis die Räder durchdrehen.“	

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Klassen-gespräch **6 min**	**Zwischensicherung** LK und SuS erarbeiten zwei Fazit-Sätze und notieren diese an der Tafel und im Heft bzw. Ordner: Erwünschte und unerwünschte Reibung 1. Wenig Reibung ist erwünscht, wenn sie der Bewegung entgegengerichtet ist. 2. Viel Reibung ist erwünscht, wenn man sich abdrücken, abstoßen oder an etwas ziehen möchte (z. B. Autoreifen auf Straße) ➛ Der stärkste Motor nützt nichts, wenn auf Eis die Räder durchdrehen.	
Klassen-gespräch **10 min**	**Zwischenfrage/Hypothesenbildung** LK Wie lässt sich die Reibung beeinflussen? Wann herrscht große und wann geringe Reibung? SuS sollen selbstständig Hypothesen bilden, indem sie Je-desto-Formulierungen aufschreiben, z. B.: Je größer die Auflagefläche, desto größer die Reibung. LK notiert die Hypothesen an der Tafel und ergänzt sie evtl. Um die Hypothesenbildung zu initiieren, kann die Lehrkraft folgende Fragen stellen: Hängt die Reibung von der Geschwindigkeit ab? • Beeinflusst die Größe der Auflagefläche die Reibung? • Beeinflusst die Struktur der Oberfläche die Reibung? • Beeinflusst die Kraft, die auf die Auflagefläche wirkt, die Reibung? • Kann man mit Rollen die Reibung verringern? • Unterscheidet sich die Reibung aus dem Stillstand von der Reibung während der Bewegung?	
Demonstrations-experiment, Klassen-gespräch und Schüler-experimente **40 min**	**Erarbeitung II** Nur bei der leichten Variante des AB 1.3.1.0 – nicht aber bei der schweren Variante – führt die LK zunächst folgendes Demonstrationsexperiment durch: **Demonstrationsexperiment/Klassengespräch** LK fragt, ob ein Gegenstand mit Rollen eine geringere Reibung aufweist, als wenn er keine Rollen besitzt. SuS vermuten (Hypothese): Ein Gegenstand mit Rollen hat weniger Reibung als derselbe Gegenstand ohne Rollen. LK zieht Quader einmal mit und einmal ohne Rollen über den Tisch. Jedes Experiment wird dreimal wiederholt.	• 11 Quader • 2 Massestücke • 1 Federkraftmesser 10 N • 1 Schleifpapier mit Löchern zum Befestigen • 2 M4-Schrauben • 2 M4-Ösenschrauben • ca. 5–8 Stifte als Rollen

<table>
<tr><th>Zeit, Sozial-/ Arbeitsform</th><th>Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)</th><th>Material/ Medien</th></tr>
<tr><td></td><td>

Messwerte

<table>
<tr><th></th><th>Zugkraft in N (mit Rollen)</th><th>Zugkraft in N (ohne Rollen)</th></tr>
<tr><td>Versuch 1</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Versuch 2</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Versuch 3</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Ergebnis

Die Hypothese wird durch das Experiment bestätigt.

Mögliche weitere Beobachtung

Bei den Versuchen ohne Rollen wird festgestellt, dass kurz bevor sich der Quader in Bewegung setzt, der Kraftmesser eine etwas größere Kraft anzeigt, als wenn sich der Quader dann bewegt.

Schülerexperimente

SuS gehen in Dreier-Experten-Gruppen jeweils zwei Hypothesen nach. Dabei sollen sie selbstständig mit dem vorgegebenen Material die Experimente entwickeln.

LK gibt folgende Hinweise:
- auf Variablenkontrolle achten (faires Experiment).
- zur Hypothese „Beeinflusst die Struktur der Oberfläche die Reibung?“ gibt es eine Tipp-Karte zum Aufbau.

SuS überprüfen die Hypothesen mittels Experimenten. Sie notieren zu jedem Experiment auf einem jeweils gesonderten Blatt:
- was sie untersuchen,
- welche Vermutungen überprüft werden (Hypothesen), wie sie dabei vorgehen (Methode, evtl. mit Skizze), welche Werte sie jeweils gemessen haben (Messergebnisse),
- ob die Hypothese bestätigt bzw. abgelehnt wird (Endergebnis).

</td><td>

- AB 1.3.1.0 (schwer) bzw. AB 1.3.1.0–1.3.1.2 (leicht)
- 1 Tippkarte

</td></tr>
<tr><td>Einzelarbeit und Klassengespräch
10 min</td><td>

Sicherung

LK steuert die Sicherung je nach Niveau der SuS entweder im Klassengespräch oder selbstständig mit darauffolgender Kontrolle.
Tipp: Auf dem AB 1.3.1.0 (schwer) Aufgabe 2 bearbeiten lassen oder, falls die leichte Version durchgeführt wird, an der Tafel in tabellarischer Form festhalten.

</td><td>

- AB 1.3.1.0 (schwer) bzw. AB 1.3.1.0–1.3.1.2 (leicht)

</td></tr>
</table>

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Einzelarbeit und Klassen-gespräch **12 min**	**Zusammenfassen/Anwenden/Vernetzen** SuS lösen Zusammenfassung selbstständig. LK bespricht diese mit SuS.	• AB 1.3.2.0

Materialien

Kursiv und fett geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.
Sie befinden sich nicht in den Kisten!

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	***Teppichrest oder Fußabtreter***
	1	***Trailer von Die Eiskönigin, www.youtube.com/watch?v=cFllxSYPqsg***

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	11	Quader
	11	***Federkraftmesser 5–10 N***
	11	***Federkraftmesser 1–2,5 N***
	2	Schleifpapier mit Löchern zum Befestigen
	2	M4-Schrauben
	2	M4-Ösenschrauben
	2	***Massestücke (ca. 500 g)***
	4	***Stifte als Rollen***

Experimente zur Reibung, Arbeitsblatt 1.3.1.0

Die wissenschaftlichen Vermutungen (Hypothesen), die ihr gerade zusammengetragen habt, sollt ihr nun untersuchen. Hierzu sollt ihr selbstständig mit dem vorgegebenen Material Experimente entwickeln. Tipp: Wenn ihr an einen Gegenstand einen Kraftmesser anbringt und dann diesen Gegenstand mit möglichst konstanter Geschwindigkeit zieht, dann zeigt der Kraftmesser die Reibungskraft an. Je größer diese Kraft ist, desto größer ist die Reibung.

1. **Schreibt zu jedem Versuch auf einem eigenen Blatt:**
   - **was untersucht wird,**
   - **welche Vermutungen überprüft werden sollen (Hypothesen),**
   - **wie dabei vorgegangen wird, evtl. mit Skizze (Methode),**
   - **welche Messwerte gemessen wurden (Messergebnisse) und**
   - **ob die Hypothese bestätigt bzw. abgelehnt wird (Endergebnis).**

2. **Zusammenfassung der Experimente:**

Die Reibung wird beeinflusst durch:	Die Reibung wird <u>nicht</u> beeinflusst durch:

Experimente zur Reibung, Arbeitsblatt 1.3.1.0

Die wissenschaftlichen Vermutungen (Hypothesen) zur Reibung, die ihr gerade zusammengetragen habt, sollt ihr nun untersuchen. Schreibt euch diese Vermutungen nochmals auf. Eure Aufgabe ist es nun, euch zu überlegen, wie ihr diese Vermutungen überprüfen könnt. Führt Experimente durch und findet heraus, ob sie wahr sind oder nicht. Das **Experiment 1** soll euch dabei als **Beispiel** dienen.

Tipp: Wenn ihr an einen Gegenstand einen Kraftmesser anbringt und dann diesen Gegenstand mit möglichst gleichbleibender Geschwindigkeit zieht, dann zeigt der Kraftmesser die Reibungskraft an. Je größer diese Kraft ist, desto größer ist die Reibung.

Experiment 1

Worum geht es? Wir möchten wissen, ob die Größe der Reibungskraft davon abhängt, wie schnell der Quader über den Tisch gezogen wird.

Hypothese (Vermutung): _____

_____

_____

Vorgehen: Wir ziehen den Quader mit dem Federkraftmesser einmal langsam und einmal schnell über den Tisch. Wichtig ist, dass der Quader beide Male mit möglichst gleichbleibender Geschwindigkeit gezogen wird. Alle anderen Bedingungen müssen gleich bleiben. Um weitere Fehler auszuschließen, wiederholen wir das Experiment dreimal.

Messwerte:

	Zugkraft in N (langsam)	Zugkraft in N (schnell)
Versuch 1		
Versuch 2		
Versuch 3		

Ergebnis: Der Federkraftmesser zeigt etwa die _____ Kraft an. Die Reibungskraft scheint also _____ von der Geschwindigkeit abzuhängen.

Weitere Beobachtungen und Bemerkungen: _____

_____

_____

_____

Experiment 2

Worum geht es? In diesem Experiment möchten wir herausfinden, wie die Reibungskraft und die Auflagefläche zusammenhängen.

Hypothese: _____

_____

Experimente zur Reibung, Arbeitsblatt 1.3.1.1 (Fortsetzung Experiment 2)

Vorgehen: Wir messen die Reibungskraft des Quaders, wenn dieser mit der großen Fläche den Tisch berührt, und vergleichen sie mit der Reibungskraft, wenn der Quader mit der kleineren Fläche den Tisch berührt.

Messwerte:

	Zugkraft in N (kleine Fläche)	**Zugkraft in N (große Fläche)**
Versuch 1		
Versuch 2		
Versuch 3		

Ergebnis: _____

_____

_____

Weitere Beobachtungen und Bemerkungen: _____

_____

_____

_____

_____

<u>Experiment 3</u>

Worum geht es? Wir gehen nun der Frage nach, ob die Reibung von der Masse des Quaders abhängt.

Hypothese: _____

_____

Vorgehen: Wir ziehen den Quader einmal mit einem _____ Massestück und einmal mit einem _____ Massestück über die Tischplatte. Die Massestücke liegen jeweils auf dem Quader. Alle anderen Bedingungen _____.

Messwerte:

	Zugkraft in N (kleines Massestück)	**Zugkraft in N (großes Massestück)**
Versuch 1		
Versuch 2		
Versuch 3		

Experimente zur Reibung, Arbeitsblatt 1.3.1.2 (Fortsetzung Experiment 3)

Ergebnis: _____

Weitere Beobachtungen und Bemerkungen: _____

Experiment 4

Worum geht es? Wir gehen nun der Frage nach, ob die Reibung von der Beschaffenheit der Oberfläche abhängt.

Hypothese: _____

Vorgehen: _____

Messwerte:

	Zugkraft in N (ohne Schleifpapier)	Zugkraft in N (mit Schleifpapier)
Versuch 1		
Versuch 2		
Versuch 3		

Ergebnis: _____

Weitere Beobachtungen und Bemerkungen: _____

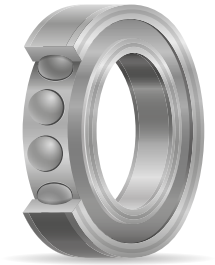
Zusammenfassung, Arbeitsblatt 1.3.2.0

1. **Nenne drei Bedingungen (Faktoren), die die Reibung beeinflussen.**

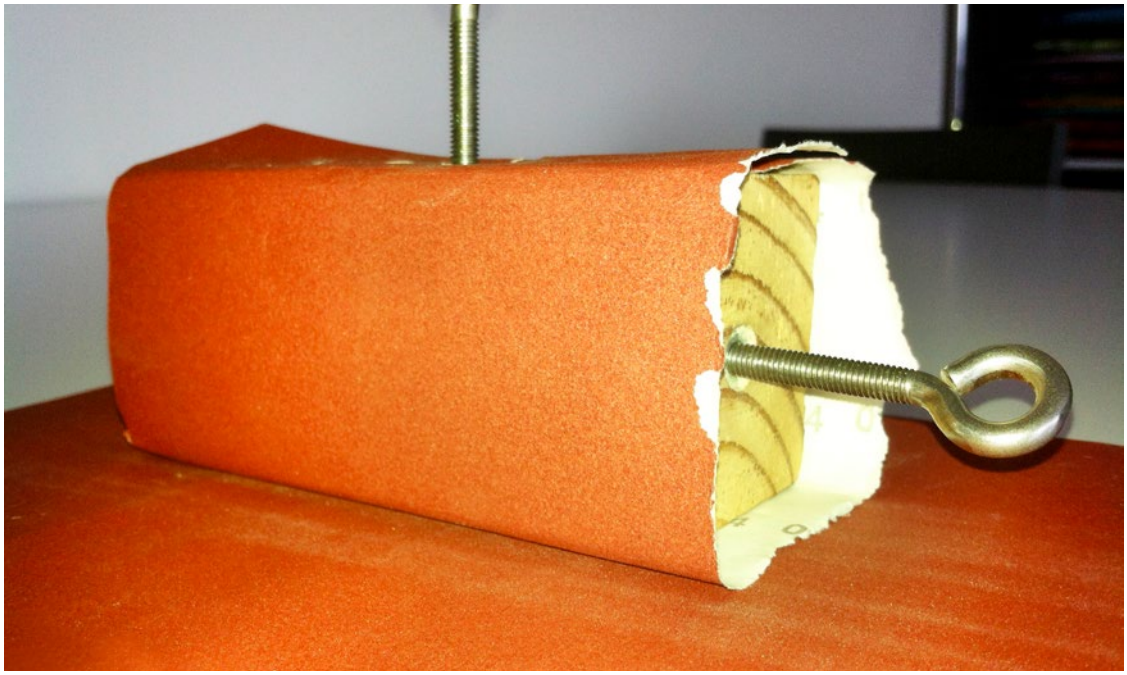
2. **Ein Fahrradreifen sollte einerseits eine möglichst große Gleitreibung und andererseits eine möglichst geringe Rollreibung aufweisen. Kannst du das genauer erklären? Schreibe auch auf, was man dafür tut, um beides zu erreichen.**

3. **Zum Knobeln: Die Größe der Auflagefläche hat keinen Einfluss auf die Reibung. Überlege dir, wieso das so ist. Schreibe deine Vermutung auf.**

4. **Auf dem Bild siehst du ein Kugellager. Dieses dient dazu, die Reibung zu verringern. Hierfür werden der äußere Ring mit dem Rad und der innere Ring mit der Achse fest verbunden. Kannst du erklären, wieso ein Kugellager die Reibung verringert?**



Tippkarte – beeinflusst die Struktur der Oberfläche die Reibung?



5.2.2 Sequenzen aus dem Themenbereich 2 „Stabilität und Gleichgewicht“

Sequenz 1: Gleichgewicht

Zeitrahmen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …	
• setzen die Hebellänge qualitativ und quantitativ in Beziehung zu der auftretenden Kraft (Hebelgesetz, IK 4).	Verändert man bei einer Balkenwaage das Gewicht auf der einen Seite des Drehpunktes, muss man auf der gegenüberliegenden Seite entweder das Gewicht im selben Maße verändern oder im gleichen Verhältnis den Abstand des Gewichts von der Drehachse verändern ➔ Hebelgesetz.
• berechnen an einer Balkenwaage aus gegebenen Größen eine unbekannte Größe zur Herstellung eines Gleichgewichts (IK 4).	Durch Umstellen des Hebelgesetzes kann man den fehlenden Faktor berechnen.
• grenzen den Ort des Schwerpunkts eines Körpers ein und benennen seine Eigenschaften (IK 3).	Der Körperschwerpunkt ist gleich dem Gleichgewichtspunkt. Beim menschlichen Körper lässt sich dieser durch die Körperhaltung verschieben. Ein Körper bleibt im Gleichgewicht, wenn sich der Körperschwerpunkt über der Standfläche befindet.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	**Zugehöriges Wissen**
Die Schülerinnen und Schüler …	
• verwenden geeignete Belege zur Begründung einer Aussage (PK-N 3).	Tritt ein Ereignis bei wiederholter Ausführung eines Versuches immer wieder auf, kann dies zur Begründung einer Aussage genutzt werden.
• bauen einen geplanten Versuch bzw. ein geplantes Experiment sachgerecht auf und führen ihn bzw. es sachgerecht durch (PK-N 5).	Der sachgerechte Aufbau eines Experiments ist grundlegend für eine sachgerechte Durchführung. Um haltbare Ergebnisse zu erzielen, muss ein Experiment sachgerecht und genau durchgeführt werden.
• messen sorgfältig (PK-N 7).	Zu einer sachgerechten Durchführung gehört eine sorgfältige Messung, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.
• notieren im Rahmen der Dokumentation alle relevanten Parameter und deren Manipulation in nachvollziehbarer Weise (PK-N 8).	Ergebnisse müssen sofort dokumentiert werden, um Fehler zu vermeiden.
• reflektieren das eigene Vorgehen und benennen Ansatzpunkte für Verbesserungen (PK-N 12).	Das Erkennen von Veränderungs- und Verbesserungsmöglichkeiten in eigenen oder fremden Untersuchungen liefert Ansatzpunkte, um die Zuverlässigkeit von Schlussfolgerungen zu überprüfen.
• erklären technische Zusammenhänge mit zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten (PK-T 2).	Im Alltag gibt es viele technische Gegenstände bzw. Prozesse, in denen das Gleichgewicht eine wichtige Rolle spielt. Die Lernenden sollen an technischen Gegenständen wie Waagen oder Prozessen wie Schwerpunktverlagerungen zugrunde liegende Zusammenhänge erkunden und verstehen.
• unterscheiden zwischen vergleichsweise sicheren und vorläufigen Generalisierungen (die auf der Basis weniger Fallzahlen entstanden sind) (PK-N 10).	Eine Generalisierung lässt sich nur dann vornehmen, wenn mehrere Messungen gleiche oder zumindest ähnliche Resultate liefern.

Benötigtes Vorwissen

Qualitatives Verständnis vom Kraftbegriff; die Kraft wird in N (Newton) gemessen. Eine Masse von 100 g weist auf der Erde eine Gewichtskraft von ungefähr 1 N auf.

Kurzbeschreibung der Stunde

Nachdem die Schülerinnen und Schüler versucht haben, Alltagsgegenstände ins Gleichgewicht zu bringen, erarbeiten sie selbstständig die Bedingungen für die Herstellung eines Gleichgewichts und entdecken die Formel des Hebelgesetzes. Anschließend bringen die Schülerinnen und Schüler den Begriff Körperschwerpunkt mit den Bedingungen des Gleichgewichts in Verbindung.

Organisatorischer Hinweis

Da die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung des Arbeitsblatts 2.1.2.0 das Umstellen von Gleichungen zumindest in Ansätzen beherrschen sollten, ist dieses nur für Klassen mit den entsprechenden mathematischen Fertigkeiten zu empfehlen. Klassen, die dies nicht beherrschen, können stattdessen die Aufgaben der Folie 2.1.1 lösen.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Partnerarbeit **4 min**	**Einstieg/Schülerexperiment** SuS nutzen einen langen Stab oder Stift, der waagerecht gehalten wird, um alltägliche Dinge wie Stifte, Bücher, Mäppchen, Geodreieck, Lineal ins Gleichgewicht zu bringen. Sie achten darauf, wo die Auflageachse für das jeweilige Gleichgewicht liegt.	• lange Stäbe oder Stifte
Partnerarbeit und Klassengespräch **4 min**	**Orientierung und Aufgabenstellung** LK gibt das Thema der Unterrichtseinheit bekannt: Unter welchen Bedingungen entsteht Gleichgewicht? SuS erledigen Aufgaben, die die LK stellt und evtl. vorführt: a) Haltet euren Bleistift waagerecht und balanciert darauf ein Lineal. Wenn das Lineal ruhig auf dem Bleistift liegt, sagt man, dass das Lineal im Gleichgewicht ist. b) Stellt euch vor, ihr würdet einen Radiergummi auf das eine Ende des Lineals legen (nicht machen, nur vorstellen!). Wie müsstet ihr den Bleistift verschieben, damit das Lineal mit dem Radiergummi darauf wieder im Gleichgewicht ist? Näher zum Radiergummi hin? Oder weiter vom Radiergummi weg? c) Überprüft nun eure Vermutung! Legt einen Radiergummi auf das eine Ende des Lineals und balanciert es auf dem Bleistift. Hattet ihr mit eurer Vermutung recht? SuS übertragen die gefundene Gesetzmäßigkeit ins Heft: *Will man einen Gegenstand mit ungleich schweren Seiten ins Gleichgewicht bringen, dann muss die Auflage näher an der schweren Seite sein.*	• lange Stäbe oder Stifte • Radiergummi oder Ähnliches zum Beschweren

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Klassen-gespräch und Gruppen-arbeit **30–35 min**	**Erarbeitung I** LK führt in die Unterrichtssequenz ein, z. B.: „Stellt euch vor, ihr müsst auf den Zentimeter genau vorhersagen, wo ihr ein Massestück hinlegen müsst, um ein Gleichgewicht herzustellen. Das ist möglich, wenn man das Hebelgesetz kennt. Mit der folgenden Untersuchung könnt ihr das Hebelgesetz selbst entdecken. Hierzu habt ihr sechs S-Haken und eine Balkenwaage zur Verfügung." LK bestimmt die Masse und Gewichtskraft der S-Haken (Aufgabe 1), geht mit den SuS die Aufgabe 2 durch. SuS bearbeiten die Aufgaben 3–6. LK greift die von den SuS gefundene Gesetzmäßigkeit und Begriffe auf und fasst die Gesetzmäßigkeit zusammen (Hefteintrag): **Kraftarmlänge mal Kraft = Lastarmlänge mal Last** LK erklärt, dass man in den Naturwissenschaften das Ganze abkürzt, um Schreibarbeit zu sparen (und einen Sachverhalt mathematisch beschreiben zu können). (Hefteintrag): $s_K \cdot F_K = s_L \cdot F_L$	• AB 2.1.1.0–2.1.1.1 • 11 Balkenwaagen • 66 S-Haken
Klassen-gespräch und Einzelarbeit **15–20 min**	**Erarbeitung II bzw. Anwendung** **(Fakultativ, geeignet für höheres Niveau)** LK weist auf die Vorteile des Hebelgesetzes bzw. der mathematischen Schreibweise hin: „Mit dem Hebelgesetz lässt sich die Masse eines Gegenstands bestimmen. Stell dir vor, du hast eine Balkenwaage, an der eine 100 g schwere Masse auf der einen Seite mit 6 cm Abstand vom Drehpunkt entfernt hängt. Damit sich die Waage im Gleichgewicht befindet, muss man die unbekannte Masse 7,5 cm vom Drehpunkt aufhängen. Die unbekannte Masse (Last) lässt sich wie folgt bestimmen." **Anschrieb an Tafel** Kraftarmlänge mal Kraft = Lastarmlänge mal Last $6\,\text{cm} \cdot 1\,\text{N} = 7{,}5\,\text{cm} \cdot \text{Last}$ $\frac{6\,\text{cm} \cdot 1\,\text{N}}{7{,}5\,\text{cm}} = \text{Last}$ $0{,}8\,\text{N} = \text{Last}$ 0,8 N entsprechen einer Masse von 80 g. Die Masse beträgt also 80 g.	• AB 2.1.2.0

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
	SuS übertragen den Tafelanschrieb auf das Arbeitsblatt, berechnen anschließend selbstständig oder zusammen mit der LK die Aufgaben 2 und 3 des Arbeitsblatts.	
Klassengespräch und Einzelarbeit **15 min**	**Erarbeitung III: ein Gleichgewicht in alle Richtungen finden – der Körperschwerpunkt** LK erklärt, dass man Gegenstände nicht nur auf einer Achse, sondern auch auf einem Punkt balancieren kann. Gelten dabei die gleichen Gesetze? ➔ AB 2.1.3.0, Aufgabe 1. SuS versuchen, die Gegenstände vom Beginn der Stunde nicht auf einer Gleichgewichtsachse, sondern auf einem Gleich gewichtspunkt (Stab oder Stift senkrecht) zu balancieren. LK verdeutlicht, dass nun in alle Richtungen des Körpers ein Gleichgewicht herrscht und nicht nur in zwei Richtungen wie bei der Balkenwaage. ➔ Diesen Punkt in einem Körper, wo dies der Fall ist, nennt man Körperschwerpunkt ➔ AB 2.1.3.0, Aufgabe 2. SuS lösen Aufgabe 3 und 4 selbstständig mit anschließender Kontrolle durch LK.	• AB 2.1.3.0 • Stäbe oder Stifte
Klassengespräch und Partnerarbeit **10 min**	**Anwendung (Fakultativ, geeignet für niedrigeres Niveau)** LK löst die Aufgabe 1 mit der Klasse im Plenum. SuS lösen Aufgabe 2 in Partnerarbeit. LK bespricht die Lösung der Aufgabe 2; diskutiert mit der Klasse: Verschiebung des Körperschwerpunkts innerhalb des Körpers; Körper reagiert so, dass er im Gleichgewicht bleibt, der Körperschwerpunkt also über der Standfläche liegt.	• Folie 2.1.1
Einzelarbeit und Klassengespräch **15 min**	**Zusammenfassung/Sicherung** SuS lösen die Aufgaben auf Arbeitsblatt 2.1.4.0 mit anschließender Kontrolle durch LK.	• AB 2.1.4.0

Materialien

Kursiv und fett geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.
Sie befinden sich nicht in den Kisten!

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	11	***Stäbe oder Stifte (von SuS)***
	11	***Radiergummis oder Ähnliches zum Beschweren (von SuS)***
	11	Balkenwaagen: Balken und M8 x 150 Schraube mit befestigter Ösenschraube
	66	S-Haken
	11	Grundplatten

Aufbau Balkenwaage

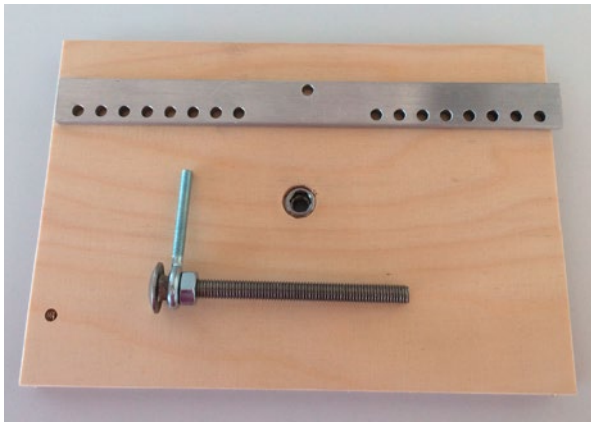


Abb. 8: Materialien für die Balkenwaage.

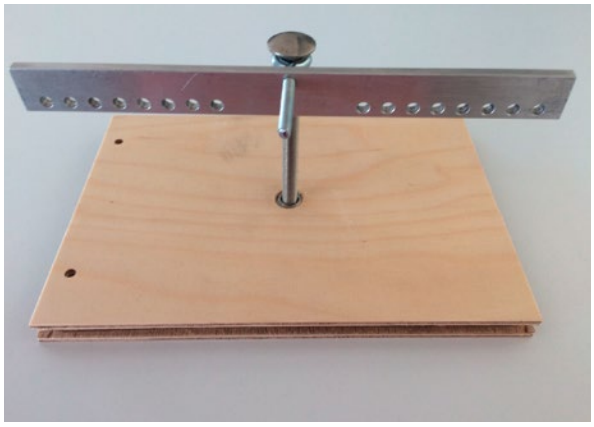


Abb. 9: Die fertig montierte Balkenwaage.

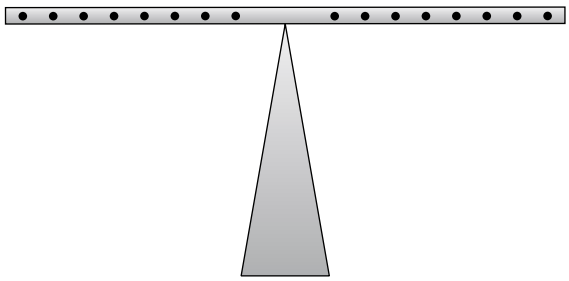
Gleichgewicht herstellen und vorhersagen, Arbeitsblatt 2.1.1.0

1. Bevor ihr mit der Untersuchung anfangen könnt, müsst ihr die Masse [g] der Haken in ihre Gewichtskraft [N] umrechnen. Eure Lehrkraft führt drei Messungen der Masse von jeweils einem Haken durch. Füllt danach die Tabelle aus.

Messung Nr:	Masse in g (Gramm)	Gewichtskraft in N (Newton)
1		
2		
3		
Durch-schnittswert		

2. Bringe an der Balkenwaage zwei Haken ins Gleichgewicht.

a) Probiere zwei Möglichkeiten aus und zeichne die Haken an der richtigen Stelle ein.
b) Miss den Abstand der Haken zur Mitte (Aufhängung) der Balkenwaage und trage diese in die Leerstellen unter der Zeichnung ein (gib das Maß in Meter an; 1 cm = 0,01 m).
c) Probiere nun aus, welches Rechenzeichen du auswählen musst, damit auf beiden Seiten das Ergebnis gleich ist. Kreise das richtige Rechenzeichen ein (es funktionieren mehrere Möglichkeiten). Tipp: Auf beiden Seiten der Formel müssen die gleichen Rechenzeichen stehen.



Erste Möglichkeit: _____ *N* [+ · - :] _____ = _____ *N* [+ · - :] _____

Zweite Möglichkeit: _____ *N* [+ · - :] _____ = _____ *N* [+ · - :] _____

3. Hänge nun auf die eine Seite zwei Haken untereinander und auf die andere Seite einen Haken und bringe sie ins Gleichgewicht. Miss wieder den Abstand zur Mitte und kreise das richtige Rechenzeichen ein:

_____ *N* [+ · - :] _____ = _____ *N* [+ · - :] _____

Gleichgewicht herstellen und vorhersagen, Arbeitsblatt 2.1.1.1

4. Wie viele Haken musst du einhängen, um ein Gleichgewicht herzustellen?

a) Auf der einen Seite müssen die Haken 6 cm vom Drehpunkt entfernt sein und auf der anderen 9 cm. Probiere es aus und gehe daraufhin genauso vor wie in den Aufgaben 2 und 3.

b) Probiere eine zweite Möglichkeit, wie du das gleiche Zahlenverhältnis der Haken an anderer Stelle einhängen kannst. Die Haken sollen aber auf der gleichen Seite wie zuvor eingehängt werden.

Erste Möglichkeit: _____ [+ • - :] 0,06 m = _____ [+ • - :] 0,09 m

Zweite Möglichkeit: _____ [+ • - :] _____ = _____ [+ • - :] _____

5. Versuche, vier Haken ins Gleichgewicht zu bringen. Den Abstand und die Anzahl der Haken auf jeder Seite darfst du selbst bestimmen. Gehe ansonsten genauso vor wie in den vorherigen Aufgaben.

_____ *N* [+ • - :] _____ = _____ *N* [+ • - :] _____

6. Welches Rechenzeichen hat bei allen Aufgaben funktioniert? Kreise es ein.

+ • - :

Da die Rechnung für alle Gewichte und Abstände gleich ist, spricht man in der Naturwissenschaft von einem Gesetz. Gesetze werden oft mit einer Formel beschrieben. Versuche nun selbst, die Formel zu erstellen, indem du die Gleichung aus den oberen Aufgaben erneut aufschreibst. Dieses Mal trägst du aber keine Zahlenwerte ein, sondern Begriffe, die diese Zahlenwerte genauer beschreiben (z. B. Kraft). Dies hat den Vorteil, dass man später wieder genau weiß, welche Zahl man wo eintragen muss. Vergiss nicht, das richtige Rechenzeichen von Aufgabe 6 einzutragen.

_____ _____ = _____ _____

Allerdings kann in der Naturwissenschaft nicht jeder reden, wie ihm der Schnabel gewachsen ist, sonst würden sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untereinander nicht verstehen. Deshalb hat man sich auf folgende Begriffe in der gleichen Formel geeinigt:

_____ _____ = _____ _____

Damit die Schreiberei nicht so lange dauert, kürzt man das Ganze ab:

_____ _____ = _____ _____

Herzlichen Glückwunsch, du hast das Hebelgesetz entdeckt!

Ich kann das Gleichgewicht vorhersagen, Arbeitsblatt 2.1.2.0

1. Schreibt die Beispielrechnung von der Tafel mit:

2. Versucht nun, selbstständig das unbekannte Gewicht herauszufinden. Geht dabei genauso vor wie im Beispiel an der Tafel.

gegeben:	Kraftarmlänge:	1,2 m	
	Gewicht am Kraftarm:	9 N	(falls die Masse 0,9 kg beträgt)
	Lastarmlänge:	0,3 m	
gesucht:	Gewicht am Lastarm		
Lösung:			

3. Mit dem Hebelgesetz kann man auch vorhersagen, wo man ein Massestück einhängen muss, damit die Waage im Gleichgewicht ist. Schaffst du es, dies auszurechnen?

gegeben:	Kraftarmlänge:	1,6 m	
	Gewicht am Kraftarm:	50 N	(Masse 5 kg)
	Gewicht am Lastarm:	40 N	(Masse 4 kg)
gesucht:	Lastarmlänge		
Lösung:			

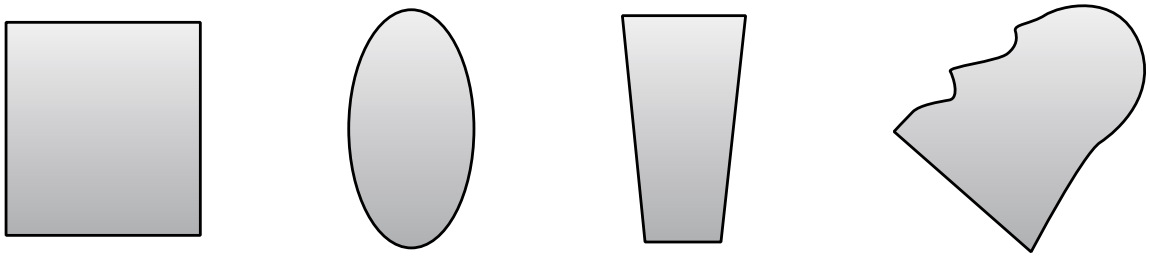
Körperschwerpunkt, Arbeitsblatt 2.1.3.0

1. Versucht, die Gegenstände vom Beginn der Stunde nicht auf der langen Stiftseite, sondern auf dem schmalen Stiftende zu balancieren.

2 . Der Punkt an einem Körper, an dem man ihn ins Gleichgewicht bringen kann, nennt man

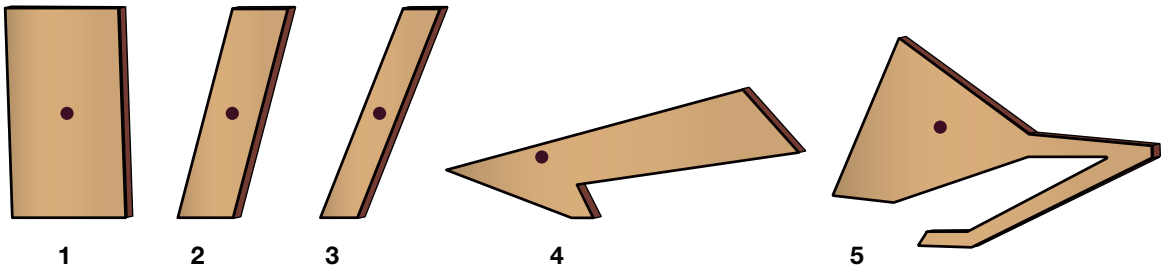
_____

3 . Zeichnet bei den folgenden Objekten (ungefähr) den Körperschwerpunkt ein.



4 . Eine Schülerin hat unterschiedliche Holzskulpturen ausgesägt und will sie als Kunstwerke aufstellen. Bald merkt sie, dass einige Figuren nicht von alleine stehen bleiben.

a) Kreise diejenigen Figuren ein, die von alleine stehen bleiben. Der schwarze Punkt zeigt den Ort des Körperschwerpunkts.



b) Was folgerst du daraus? Formuliere einen Satz, der die Begriffe *senkrecht, Körperschwerpunkt, fällt nicht um* und *Auflagefläche* enthält.

_____

_____

_____

Zusammenfassung, Arbeitsblatt 2.1.4.0

1. **Zwei Kinder sitzen auf einer Wippe. Das Kind, das links sitzt, ist größer und schwerer als das Kind, das rechts sitzt. Welches Kind muss näher am Drehpunkt sitzen, um ein Gleichgewicht herzustellen?**

2. **Beschreibe, was mit dem Begriff Körperschwerpunkt gemeint ist.**

3. **Stell dir vor, du stehst auf einem Bein und verlierst das Gleichgewicht. Beschreibe, was in dem Moment mit dem Körperschwerpunkt passiert.**

4. **Stell dir vor, du bist auf einem Markt Gemüseverkäufer und möchtest 1 kg Karotten abwiegen. Du hast aber nur ein 200-g-Massestück und eine Balkenwaage zur Verfügung. Wie weit muss das Massestück vom Drehpunkt entfernt sein, wenn die Karotten 5 cm vom Drehpunkt entfernt sind? Fertige eine Skizze an und berechne.**

Körperschwerpunkt beim Menschen, Folie 2.1.1

1. **Überlegt euch, wo beim Menschen der Körperschwerpunkt liegen könnte. Diskutiert dies in der Klasse.**

2. **Findet euch zu zweit zusammen und nehmt verschiedene Körperpositionen ein. Beobachtet dabei den ganzen Körper und wie er auf die einzelnen Bewegungen reagiert. Überlegt euch, wieso er auf diese Weise reagiert. Bleibt der Körperschwerpunkt bei den Bewegungen an derselben Stelle (auch innerhalb des Körpers)?**

   a) Normal stehen

   b) Stehen und das rechte Bein leicht anheben

   c) Stehen und das rechte Bein weit abspreizen

   d) Oberkörper bei gestreckten Beinen nach vorne beugen

   e) Oberkörper nach hinten durchbiegen

   f) Auf einem Bein auf den Zehenspitzen stehen. Warum fällt das besonders schwer?

Diskutiert eure Beobachtungen in der Klasse.

Sequenz 2: Stabilität

Zeitrahmen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …	
• beschreiben, dass die Lage des Körperschwerpunkts verantwortlich für die Stabilität eines Gleichgewichts ist (IK 3).	Je kürzer der vertikale Abstand des Körperschwerpunkts von der Kippkante, desto stabiler ist das Gleichgewicht. Je länger der horizontale Abstand des Körperschwerpunkts von der Kippkante, desto stabiler ist ein Körper. Je größer die Masse eines Körpers ist, desto stabiler ist er.
• benennen Konstruktionsmöglichkeiten, welche die Standfestigkeit von Körpern erhöhen (IK 3).	Stabile Bauweisen sieht man z. B. bei Häusern und Fahrzeugen. Durch Erhöhung der Grundfläche bzw. eine erhöhte Masse Richtung Standfläche wird die Stabilität erhöht. Oft müssen Kompromisse gemacht werden, da das Kriterium der Stabilität der eigentlichen Funktion widerspricht.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	**Zugehöriges Wissen**
Die Schülerinnen und Schüler …	
• geben selbstständig angemessene Begründungen für Vermutungen und Hypothesen an (PK-N 2).	Eine Hypothese oder wissenschaftliche Vermutung sollte aus bisherigem Wissen oder Erfahrungen abgeleitet werden.
• begründen die Notwendigkeit der Variablenkontrolle (PK-N 4).	Eine Variable bezeichnet eine bestimmte Eigenschaft bzw. ein bestimmtes Merkmal eines Gegenstands.
• erkennen Fehler im Zusammenhang mit der Variablenkontrolle (PK-N 4).	Um einen Faktor als Ursache für ein Ergebnis zu identifizieren, darf nur dieser allein verändert werden.
• verwenden geeignete Belege zur Begründung einer Aussage (PK-N 3).	Behauptungen müssen mit Ergebnissen aus Experimenten oder aus theoretischen Überlegungen belegt werden.
• sind in der Lage, komplexe technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, technische Lösungen zu konstruieren, zu fertigen und zu optimieren (PK-T 1).	Das Konstruieren und Herstellen von Artefakten, z. B. in dieser Sequenz stabile und standfeste Gegenstände, gehören zu den zentralen technischen Arbeits- und Denkweisen.
• notieren im Rahmen der Dokumentation alle relevanten Parameter und deren Manipulation in nachvollziehbarer Weise (PK-N 8).	Eine gute Dokumentation ist wichtig, um die Ergebnisse zu einem späteren Zeitpunkt wiederholen und richtig einordnen zu können.
• dokumentieren Ideen und Lösungen zu technischen Sachverhalten situations- und adressatengerecht in Texten, Skizzen, Zeichnungen und Diagrammen (PK-T 4).	Der Austausch von Ideen und Möglichkeiten zur Lösung technischer Aufgaben und Probleme erfordert technikspezifische Formen der Kommunikation.

Kurzbeschreibung der Stunde

In dieser Sequenz wird mithilfe einfacher Bewegungsaufgaben untersucht, wie ein Gleichgewicht stabilisiert werden kann. Die gewonnenen Vermutungen werden mit einfachen Experimenten untersucht und überprüft. Zum Schluss werden die Erkenntnisse angewendet, indem die Schülerinnen und Schüler Objekte und Maschinen planen, die das Kriterium der Stabilität erfüllen müssen.

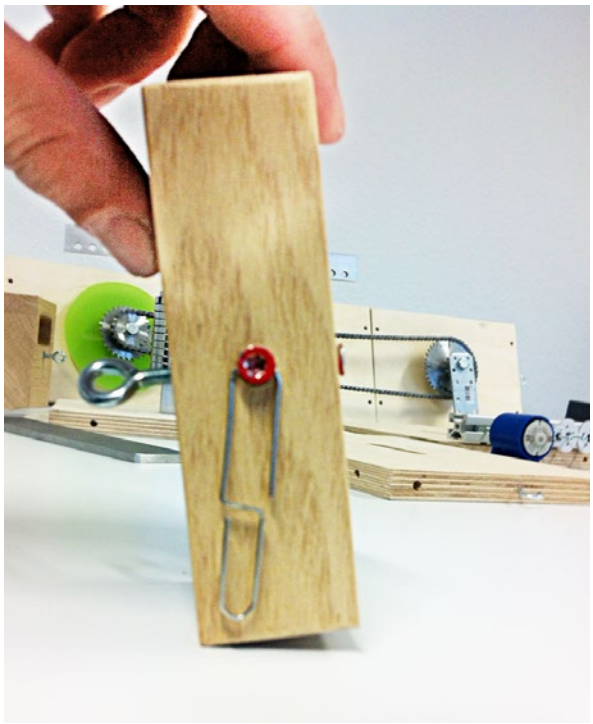


Abb. 10: Messung der Kippkraft.

Organisatorischer Hinweis

Für die Messung der „Kippkraft“ der leichten Holzquader sollten die 2,5-N-Federkraftmesser verwendet werden. Damit die Holzklötze sauber kippen, sollten sie mit dem beigefügten Schleifpapier unterlegt werden. Als Messhilfe können die gebogenen Büroklammern verwendet werden. Hierzu sollten die Schrauben ca. 0,5 cm herausgedreht werden; auf diese Weise können sich die Büroklammern frei bewegen:

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Partnerarbeit und Klassengespräch **10 min**	**Einstieg** SuS führen in Partnerarbeit Versuche zum Körpergleichgewicht durch (Aufgabe 1, Folie 2.2.1). LK diskutiert mit Klasse die Antworten der SuS.	• Folie 2.2.1
Klassengespräch und Demonstrationsexperimente **20 min**	**Erarbeitung/Ergebnissicherung** LK lässt die SuS „Hypothesen (Vermutungen) zur Erhöhung der Stabilität von Körpern“ formulieren und im Heft/Ordner festhalten (Aufgabe 2, Folie 2.2.1). LK erinnert die SuS evtl. an den Körperschwerpunkt und fragt, ob dieser etwas mit der Stabilität zu tun hat. LK fragt, was man messen muss, um die Stabilität nachzuprüfen. ➔ Vermutungen zu Kippkraft und -strecke. LK bzw. SuS überprüfen die Vermutungen. Dabei sollen die SuS das Prinzip des fairen Experiments (Variablenkontrolle) anwenden ➔ (Aufgabe 3, Folie 2.2.1) ➔ kurze Besprechung der richtigen Antwort. **Hefteintrag** Führt man Experimente durch, darf man nur eine Variable in einem Experiment verändern, da man sonst nicht weiß, welche Variable für das Ergebnis verantwortlich ist. **Demonstrationsexperimente** ➔ AB 2.2.1.0 und 2.2.1.1 LK führt die Experimente durch und bezieht die SuS beim Messen und Ablesen mit ein. Zur Veranschaulichung können die drei Stationenkarten am Ende dieser Sequenz genutzt werden. LK weist SuS auf die Bedeutung der Variablenkontrolle hin: „Wieso wird bei Experiment 1 nicht einfach ein größerer Quader genommen, der ja schließlich auch schwerer ist? Man könnte den Schwerpunkt auch verändern, indem man eine Eisenplatte an den Würfel schraubt, aber wäre das für das Experiment zulässig?“ SuS tragen die gemessene Kraft und den Kippwinkel in die Tabellen ein und notieren Je-desto-Formulierungen.	• Folie 2.2.1 • AB 2.2.1.0 und 2.2.1.1 • 1 Quader mit geringer Masse • 1 Quader mit hoher Masse • 1 Würfel mit heterogener Masseverteilung • 2 Federkraftmesser unterschiedlicher Größe • 1 Ösenschraube • 3 gebogene Büroklammern
Klassengespräch **5 min**	**Ergebnissicherung** SuS fassen im Klassengespräch in ihrem Heft/Ordner ihre Ergebnisse zusammen und vergleichen sie mit den aufgestellten Hypothesen. **Hefteintrag** Die Stabilität eines Körpers erhöht sich, wenn • man die Masse des Körpers vergrößert, • der Schwerpunkt möglichst tief liegt, • der Schwerpunkt in der Waagerechten möglichst weit weg von der Kippachse liegt.	

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Einzelarbeit und Gruppen-arbeit **40 min**	**Vernetzung/Anwendung** LK legt Folie 2.2.2 auf und liest mit SuS den Text. SuS schlüpfen in die Rolle der Ingenieurin bzw. des Planers und planen selbstständig Objekte, die eine hohe Stabilität aufweisen: Hochhaus, Rennauto, Traktor. Allerdings werden die Begriffe nicht explizit genannt, sondern nur die Eigenschaften, die die Objekte erfüllen müssen. Die Eigenschaften widersprechen teilweise dem Stabilitätsgedanken: Ein Traktor z. B. muss große Reifen haben, damit er gut durchs Gelände kommt, wodurch der Schwerpunkt aber relativ hoch liegt.	• Folie 2.2.2
Klassen-gespräch **10 min**	**Zusammenfassung/Wiederholung** SuS lösen das zusammenfassende Arbeitsblatt.	• AB 2.2.2.0

Materialien

Kursiv und fett geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.
Sie befinden sich nicht in den Kisten!

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Quader mit geringer Masse (einer der 11 Quader aus Themenbereich 1, Sequenz 3)
	1	Quader mit höherer Masse
	1	Würfel mit heterogener Masseverteilung
	1	***Federkraftmesser (1–2 N)***
	1	***Federkraftmesser (10 N)***
	3	Gebogene Büroklammern
	1	Ösenschraube

Experimente am Pult – Stabilität untersuchen, Arbeitsblatt 2.2.1.0

Experiment 1 – Masse

1. **Aufgabe: Zunächst soll die maximale Kraft gemessen werden, die man aufwenden muss, um unterschiedlich schwere Bauklötze zum Kippen zu bringen. Außerdem wird die Strecke bestimmt, die der Schwerpunkt zurücklegt, bis der Bauklotz kippt. Als Messhilfe dient die bewegliche gebogene Büroklammer, die am Körperschwerpunkt angebracht ist.**

   Beobachtung:

	Leichter Klotz	Schwerer Klotz
Maximale Kraft (N)		
Kippstrecke (cm)		

   Markiere die Zeile(n) in der Tabelle, die einen klar erkennbaren Unterschied aufweisen.

   Ergebnis: Je größer die Masse eines Körpers ist, desto …

Experiment 2 – Lage des Körperschwerpunkts I

2. **Ein und derselbe Körper kann unterschiedlich stabil sein, je nachdem auf welche Seite er kippt. Messt den waagerechten Abstand des Körperschwerpunkts zu den Kanten des Quaders, über die er gekippt wird. Schreibe die Abstände in die Kästchen neben den Abstandspfeilen.**

3. **Aufgabenstellung: Zunächst soll die maximale Kraft gemessen werden, die man aufwenden muss, um den Bauklotz zum Kippen zu bringen. Außerdem wird die Strecke bestimmt, die der Schwerpunkt zurücklegt, bis der Bauklotz kippt. Zur Messhilfe dient die bewegliche gebogene Büroklammer, die am Körperschwer-punkt angebracht ist.**

   Beobachtung:

	Kurzer waagerechter Abstand	Großer waagerechter Abstand
Maximale Kraft (N)		
Kippstrecke (cm)		

   Markiere die Zeile(n) in der Tabelle, die einen klar erkennbaren Unterschied aufweisen.

Experimente am Pult – Stabilität untersuchen, Arbeitsblatt 2.2.1.1

(Fortsetzung Aufgabe 3)

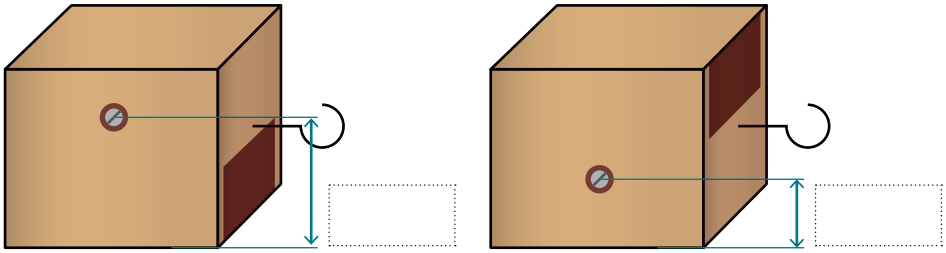
Ergebnis: Je größer der waagerechte Abstand des Körperschwerpunkts zur Kippkannte ist, desto …

Experiment 3 – Körperschwerpunkt II

4. **Schaut euch den Würfel und die Markierungen des Körperschwerpunkts an. Wo sind die Punkte angebracht? Warum liegen die Punkte nicht genau in der Mitte?**

Messt jeweils den senkrechten Abstand des Körperschwerpunktes zu der Kante des Würfels, über die er gekippt wird. Schreibe die Abstände in die Kästchen neben den Abstandspfeilen.

Schwerpunkt hoch: Schwerpunkt tief:



5. **Aufgabe: Zunächst soll die maximale Kraft gemessen werden, die man aufwenden muss, um den Würfel zum Kippen zu bringen. Außerdem wird die Strecke bestimmt, die der Schwerpunkt zurücklegt, bis der Würfel kippt. Als Messhilfe dient die bewegliche gebogene Büroklammer, die am Körperschwerpunkt angebracht ist.**

Beobachtung:

	Kurzer senkrechter Abstand	Großer senkrechter Abstand
Maximale Kraft (N)		
Kippstrecke (cm)		

Markiere die Zeile(n) in der Tabelle, die einen erheblichen Unterschied aufweisen.

Ergebnis: Je größer der senkrechte Abstand des Schwerpunkts zur Kippkante ist, desto …

Zusammenfassung Stabilität, Arbeitsblatt 2.2.2.0

1. **Jemand behauptet, dass man von einem Körper die Stabilität in alle Richtungen erhöhen kann, wenn man die Standfläche vergrößert. Stimmt das?**

   a) Ja, weil dann auch in alle Richtungen ein möglichst großer waagerechter Abstand des Schwerpunkts zur Kippkante vorhanden ist.
   b) Nein, weil es einzig und alleine darauf ankommt, dass der Körperschwerpunkt tief liegt.

2. **Trinkgläser und -flaschen haben meist dünne Seitenwände und einen dicken Glasboden. Kannst du erklären, warum das so ist? Verwende dabei den Begriff Körperschwerpunkt.**

3. **Erkläre, welche Größen du messen musst, um feststellen zu können, ob ein Körper stabil ist oder nicht.**

Gleichgewicht stabilisieren, Folie 2.2.1

1. **Finde dich mit deinem Tischnachbarn bzw. deiner Tischnachbarin zusammen, stellt euch im Raum auf und versucht, euch durch leichte (!) Schubser von links oder rechts gegenseitig aus dem Gleichgewicht zu bringen. Nehmt dazu unterschiedliche Körperpositionen ein. Derjenige bzw. diejenige, der bzw. die geschubst wird, muss dabei immer die Arme seitlich ganz nah am Körper halten. Das Ziel ist nicht, jemanden umzuschubsen, sondern nur zu spüren, wie man sich als Geschubste oder Geschubster sicherer bzw. unsicherer fühlt.**

   - Stehend, Beine eng zusammen
   - Stehend, Beine breitbeinig
   - Auf einem Bein stehend
   - Beine zusammen in der Hocke
   - Breitbeinig in der Hocke
   - Sucht euch selber eine Position aus, von der ihr denkt, dass ihr am stabilsten steht.

2. **Diskutiert in der Klasse, welche „veränderbaren Größen“ (= Variablen) eurer Meinung nach die Stabilität eines Körpers verändern. Notiert eure Vermutungen (Hypothesen) in eurem Heft/Ordner.**

3. **Im Folgenden soll überprüft werden, ob eure Vermutungen (Hypothesen) richtig sind. Was muss man beachten, wenn man mehrere „veränderbare Größen“ (Variablen) untersucht? Welche der folgenden Aussagen ist korrekt? Kreuze sie an.**

   ◯ Man sollte möglichst viele Variablen gleichzeitig verändern, so ist man am schnellsten fertig.
   ◯ Man darf nur eine Variable in einem Experiment verändern, da man sonst nicht weiß, welche Variable für das Ergebnis verantwortlich ist.
   ◯ Man darf nur mehrere Variablen gleichzeitig verändern, wenn sie nicht in derselben Einheit gemessen werden (z. B. Meter und Kilogramm), da sie sich dann nicht gegenseitig beeinflussen.

Als Ingenieurin stabil konstruieren, Folie 2.2.2

Stell dir vor, du bist Ingenieurin oder Ingenieur einer großen Firma und entwirfst technische Maschinen und Gebäude. Dabei ist wichtig, dass all diese Konstruktionen stabil stehen. Oft behindert aber eine gute Stabilität die Funktionsweise des Geräts und man muss Kompromisse finden. Unten siehst du drei verschiedene Aufträge, bei denen du überlegen musst, wie man Stabilität und die eigentliche Funktion des Geräts am besten zusammenbringt. Fertige dazu auf einem eigenen Blatt Skizzen an. Kennzeichne in den Skizzen, ob du eher schweres oder eher leichtes Material verwendest. Du kannst dabei die Materialien beliebig kombinieren. Mache dies mit unterschiedlichen Farben kenntlich:

schwarz: schweres Material wie Eisen, Stahl oder Beton

braun: mittelschweres Material wie schweres Holz oder Aluminium

grün: leichtes Material wie leichtes Holz oder Kunststoff

1. Auftrag: Konstruiere ein Fahrzeug, das gut durchs Gelände kommen kann, die Karosserie darf deshalb nicht zu nah am Boden sein. Da dieses Fahrzeug aber oft quer zum Berg fährt, muss es sehr kippsicher gebaut werden. Der Fahrer bzw. die Fahrerin des Fahrzeugs sollten vor Regen und z. B. vor Ästen, die bei einer Fahrt durch den Wald auftreten können, geschützt sein.

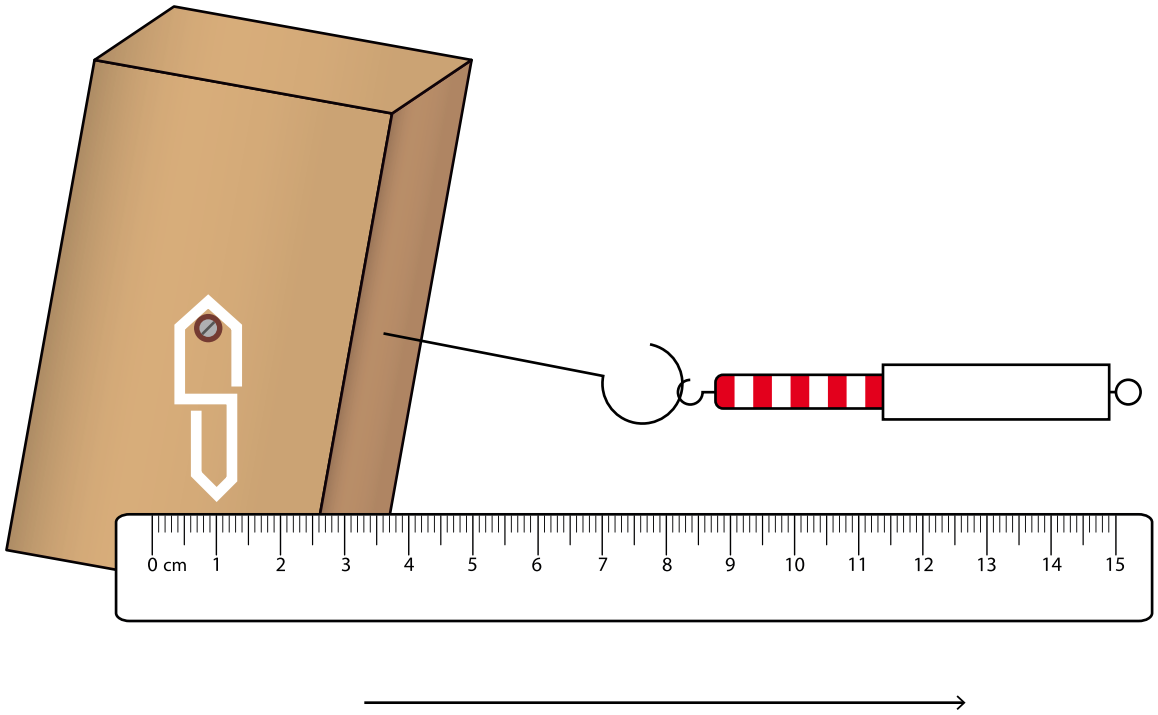
2. Auftrag: Konstruiere ein Fahrzeug, das nur auf der Straße fährt. Da es aber sehr darauf ankommt, dass es möglichst schnell fahren kann, darf es in der Kurve nicht kippen, aber es darf auch nicht zu schwer sein.

3. Auftrag: In einer Stadt, die kaum noch Platz für neue Häuser hat, möchte man ein Haus bauen, das sehr vielen Menschen Platz zum Wohnen bietet. Wie muss das Haus aussehen, damit dies möglich wird? Aber Vorsicht, das Haus muss möglichst stabil sein, weil in dieser Stadt öfter Erdbeben auftreten.

Findet euch nun wieder in den Dreiergruppen zusammen und erklärt euch gegenseitig die angefertigten Skizzen. Jeder hat für alle drei Skizzen insgesamt vier Minuten Zeit.

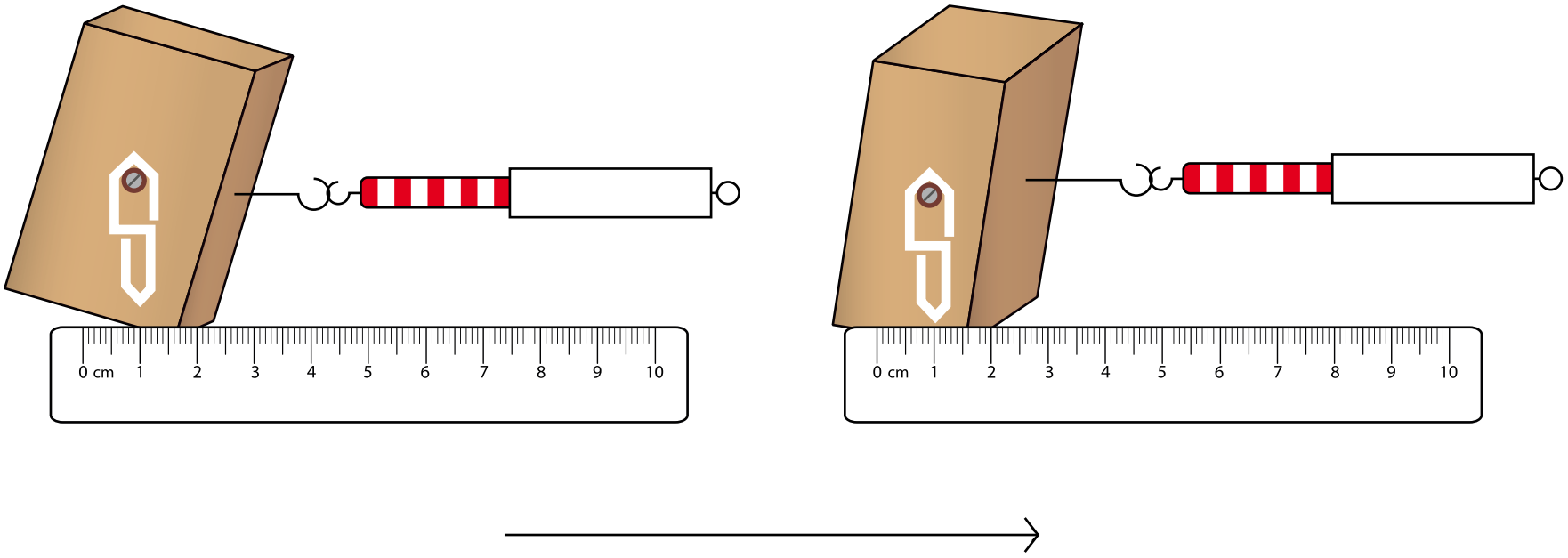
Experiment 1

Stabilität und Masse



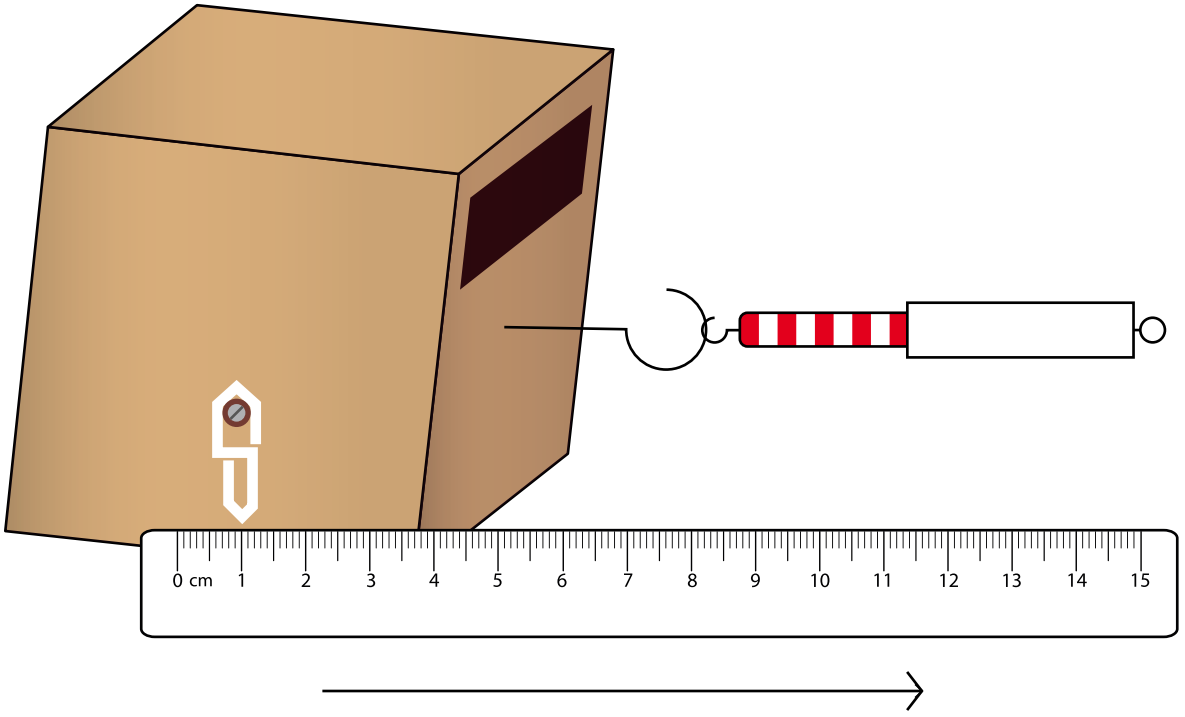
Experiment 2

Körperschwerpunkt I



Experiment 3

Körperschwerpunkt II



5.2.3 Sequenzen aus dem Themenbereich 3 „Kraft sparen durch einfache Maschinen“

Sequenz 1: Die Goldene Regel der Mechanik

Zeitrahmen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …	
• beschreiben qualitativ und quantitativ, dass das Hebelgesetz auch bei Bewegungen gilt und hilft, Kraft zu sparen (Goldene Regel der Mechanik) (IK 6).	Bei Hebeln in Bewegung bezeichnet man die Hebelseite, mit der man etwas (eine Last) bewegen möchte, als Lastarm und die andere Seite (wo z. B. die eigene Hand ansetzt) als Kraftarm. Ist der Lastarm kürzer als der Kraftarm, lässt sich damit Kraft sparen, allerdings muss man dafür mehr Weg auf sich nehmen: Die Goldene Regel der Mechanik.
• nennen unterschiedliche Ausprägungen des Hebels und bestimmen Lastarm, Kraftarm und Drehpunkt (IK 6).	Einseitiger und zweiseitiger Hebel: Die Schülerinnen und Schüler können Kraftarm, Lastarm und Drehpunkt erkennen und ihre Bedeutung erklären.
• beschreiben Anwendungen des Hebelgesetzes bei Alltagsgegenständen und können deren Hebelwirkung quantitativ bestimmen (IK 6).	Bei Werkzeugen wie Zangen, Flaschenöffnern oder Schraubenschlüsseln macht man sich das Hebelgesetz zunutze.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	**Zugehöriges Wissen**
Die Schülerinnen und Schüler …	
• geben selbstständig angemessene Begründungen für Vermutungen und Hypothesen an (PK-N 2).	Eine Hypothese oder Vermutung sollte aus bisherigem Wissen oder Erfahrungen abgeleitet werden.
• entwerfen selbstständig kontrollierte Experimente zu einfachen Fragen (PK-N 4).	Naturwissenschaftliche Experimente, in denen immer nur eine Variable verändert wird, nennt man fair. (Hinweis: Knüpft an die Grundschule an, wo die Idee des „fairen Versuchs“ eingeführt wird.)
• bauen einen geplanten Versuch bzw. ein geplantes Experiment sachgerecht auf und führen ihn bzw. es sachgerecht durch (PK-N 5).	Der sachgerechte Aufbau eines Experiments ist grundlegend für eine sachgerechte Durchführung. Um haltbare Ergebnisse zu erzielen, muss ein Experiment sachgerecht und genau durchgeführt werden.
• messen sorgfältig (PK-N 7).	Zu einer sachgerechten Durchführung gehört eine sorgfältige Messung, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.
• wählen zielgerichtet angemessene Darstellungsformen aus (PK-N 8).	Die angemessene Aufbereitung von Daten trägt dazu bei, die Untersuchung und die aus ihr gezogenen Schlussfolgerungen nachvollziehbar zu machen.
• unterscheiden zwischen vergleichsweise sicheren und vorläufigen Generalisierungen (die auf der Basis weniger Fallzahlen entstanden sind) (PK-N 10).	Eine Generalisierung lässt sich nur dann vornehmen, wenn mehrere Messungen gleiche oder zumindest ähnliche Resultate liefern.
• sind in der Lage, komplexe technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, technische Lösungen zu konstruieren, zu fertigen und zu optimieren (PK-T 1).	Das Reduzieren von Kräften stellt bei vielen Konstruktionen und Gegenständen eine besondere Herausforderung dar. Die Goldene Regel der Mechanik ermöglicht kraftsparende Lösungen.
• erklären technische Zusammenhänge mit zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten (PK-T 2).	Im Alltag gibt es viele technische Gegenstände und Prozesse, die einen Bezug zur Goldenen Regel der Mechanik aufweisen. Die Lernenden sollen an technischen Gegenständen zugrunde liegende naturwissenschaftliche Zusammenhänge erkunden.
• analysieren die Weiterentwicklung technischer Gegenstände bzw. Prozesse (PK-T 2).	Technische (Alltags-)Gegenstände wie Zangen oder Schraubenschlüssel wurden und werden im Laufe der Geschichte weiterentwickelt und optimiert.

Benötigtes Vorwissen

Das Hebelgesetz in seiner statischen Ausprägung sollte bekannt sein (Themenbereich 2, Sequenz 1).

Kurzbeschreibung der Stunde

Schülerinnen und Schüler ergründen das Hebelgesetz in seiner dynamischen Ausprägung und setzen die Wegstrecke mit dem Kraftaufwand ins Verhältnis (Goldene Regel der Mechanik). Daraufhin erkennen sie, dass die Gesetze genauso beim einseitigen Hebel gelten. Zum Schluss wenden die Schülerinnen und Schüler ihre Erkenntnisse auf Alltagsgegenstände an.

Organisatorischer Hinweis

Beim Einstiegsversuch sollte mindestens ein Schüler bzw. eine Schülerin den Nagelklotz abstützen. Außerdem empfiehlt es sich, zwischen Hebeleisen und Nagelklotz am Drehpunkt eine Metallstange oder Ähnliches (Schraubenzieher, Schraubenschlüssel) dazwischenzulegen. Bei der Untersuchung der Alltagsgegenstände (AB 3.1.1.2, Aufgabe 10) können die Schülerinnen und Schüler jeweils zwischen „Nussknacker oder Knoblauchpresse“ und zwischen „Zange oder Lochzange“ wählen.

Aufgabe 7 und Teilaufgaben der Aufgabe 10 sind fakultativ.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Klassengespräch und Demonstrationsexperiment **5 min**	**Einstieg** LK fordert einen oder mehrere SuS auf, Nägel, die in einen Holzblock geschlagen wurden (0,5–1 cm herausstehend), von Hand hinauszuziehen. ➔ Der Nagel bleibt stecken. Daraufhin bekommen SuS das Hebeleisen, greifen zunächst ganz vorne und dann ganz hinten. SuS beschreiben ihre Wahrnehmung: *Mit dem Eisen geht es einfacher, vor allem wenn man ganz hinten greift.*	• 1 Hammer • Nägel • 1 Holzblock • 1 eingekerbtes Flacheisen (Hebel)
Klassengespräch oder Einzelarbeit **10 min**	**Erarbeitung I** SuS lösen Aufgaben 1–3, je nach Niveau im Klassengespräch oder in Einzelarbeit.	• AB 3.1.1.0-3.1.1.1 • 1 Hammer • 1 eingekerbtes Flacheisen (0,3 m) • 1 Balkenwaage (wenn vorhanden) • 1 Holzblock
Einzelarbeit **50 min**	**Zwischensicherung** SuS lösen Aufgabe 4.	• AB 3.1.1.1
Klassengespräch **10–12 min**	**Erarbeitung II** LK erarbeitet mit SuS die Aufgaben 5 und 6, z. B.: LK zu Aufgabe 5: „Wie verhält sich die Strecke zur Kraft?“ SuS: *Wenn ich eine größere Kraft möchte, muss ich die Strecke verkürzen.* LK: „Was muss ich tun, wenn ich meine Kraft verdoppeln möchte?“ SuS: *Den Weg verdoppeln.* ➔ Aufgabe 6	• AB 3.1.1.1 • 1 Holzblock • 1 Flacheisen

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
	Goldene Regel der Mechanik: Das, was ich an Kraft einspare, muss ich an Weg dazugeben. LK erarbeitet mit SuS das Verhältnis von Hebel- und Streckenlänge, z. B.: „Spielt es eine Rolle, ob ich die Hebellänge messe oder die Strecke, die der Hebel zurücklegt?» Kurze Diskussion. LK zeigt die wachsende Weglänge mit der wachsenden Streckenlänge. ➔ Es spielt keine Rolle, es muss nur auf beiden Seiten die gleiche Strecke gemessen werden. ➔ Wenn es um einen Hebel geht, ist es meist praktischer die Hebellänge zu messen.	
Einzelarbeit und/oder Klassengespräch **10 min**	**Anwenden (Fakultativ)** SuS lösen Aufgabe 7. (Anmerkung: Die Tippkarte kann gefaltet werden wie eine Ziehharmonika, damit nicht gleich alle Tipps auf einmal zu sehen sind.) LK achtet bei der Kontrolle darauf, dass die SuS bei der Antwort 7b die Attribute „höchstens“ oder „weniger als“ im richtigen Zusammenhang verwendet haben.	• AB 3.1.1.1 • 1 Tippkarte
Klassengespräch und Einzelarbeit **10–15 min**	**Erarbeitung III** LK erarbeitet mit Klasse, ob der Hebel auch auf der anderen Seite angesetzt werden könnte. SuS probieren dies aus. LK fasst zusammen: „Es ist möglich, dass Kraftarm und Lastarm auf der gleichen Seite liegen. Die Gesetze bleiben aber dieselben! Man spricht vom einseitigen Hebel.“ LK fragt die SuS, von welchem Punkt aus der längere Arm gemessen werden muss: vom Drehpunkt oder von der innenliegenden Last? Wird mit SuS diskutiert und evtl. an der Balkenwaage ausprobiert (Federkraftmesser außen und Gewicht innen) und mit dem Hebelgesetz überprüft. SuS lösen Aufgabe 8 (Einzelarbeit). LK lässt SuS die Aufgabe 9 im Klassengespräch lösen. (Fakultativ). Fragen der LK an SuS: • Wo ist der Drehpunkt? • Wo greift der Kraftarm an? • Wo ungefähr greift der Lastarm an? Warum ausgerechnet dort?	
Klassengespräch **30 min**	**Anwenden/Üben** LK lässt SuS die Aufgabe 10 im Klassengespräch lösen: SuS zeichnen auf AB 3.1.1.2–3.1.1.3 in die Schemazeichnungen die Drehpunkte, die Last- und Kraftarme ein und notieren, ob es sich um einen ein- oder zweiseitigen Hebel handelt. • Flaschenöffner (sowohl einseitig als auch zweiseitig nutzbar!) • Knoblauchpresse und Nussknacker • Zange und Lochzange • Schraubenschlüssel	• AB 3.1.1.2–3.1.1.3 • 2 Flaschenöffner • 1 Knoblauchpresse • 1 Nussknacker • 1 Zange • 1 Lochzange • 2 Schraubenschlüssel • 1 Türklinke • 1 Nagelknipser

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
	Weitere Materialien für Zwischenstation (Beispiele): • Türklinke • Nagelknipser • Schere • Korkenzieher • Schraubenzieher	• 1 Schere • 1 Korkenzieher • 1 Schrauben-zieher
Einzelarbeit **12 min**	**Zusammenfassung** SuS lösen als Zusammenfassung der Sequenz das AB 3.1.2.0.	• AB 3.1.2.0

Materialien

Kursiv und fett geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.
Sie befinden sich nicht in den Kisten!

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	***Hammer***
	1	Eingekerbtes Flacheisen
	1	***Auflage für das Flacheisen (z. B. Schraube oder Metallwelle)***
	10	Nägel
	1	***Holzblock zum Nägeleinschlagen***
	1	Balkenwaage
	1	Grundplatte

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	2	***Flaschenöffner***
	1	***Knoblauchpresse***
	1	***Nussknacker***
	1	***Zange***
	1	***Lochzange***
	2	***Schraubenschlüssel***
	1	***Türklinke***
	1	***Nagelknipser***
	1	***Schere***
	1	***Korkenzieher***
	1	***Schraubenzieher***

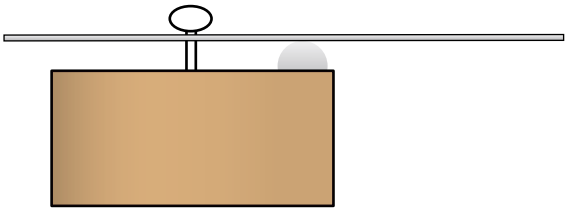
Mit Hebeln Kraft sparen, Arbeitsblatt 3.1.1.0

Wie du in dem Versuch gesehen hast, lässt sich mit einem Hebel Kraft sparen, weil man weniger Kraft aufbringen muss, als tatsächlich notwendig ist, um etwas zu bewegen oder zu verformen (man könnte auch von „Kraft vergrößern“ sprechen).

1. **Auf dem Bild siehst du eine Schemazeichnung des Holzklotzes mit dem Flacheisen und dem Nagel. Hierzu zwei einfache Aufgaben:**

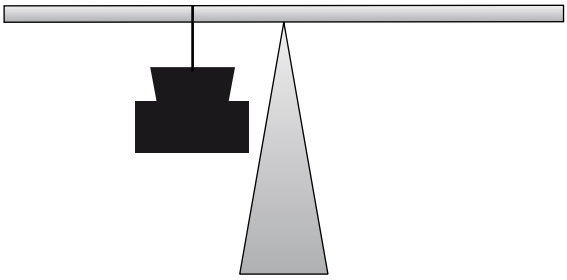
   a) Ist dir schon aufgefallen, dass sich das Flacheisen beim Herausziehen des Nagels im Kreis dreht? Kennzeichne den Drehpunkt des Flacheisens mit einem blauen Punkt.
   b) Wo musstest du mit der Hand drücken, damit der Nagel herausgezogen werden konnte?

   ◯ nah am Drehpunkt
   ◯ weit entfernt vom Drehpunkt



2. **Auch wenn es nicht so aussieht, der vorige Versuch hat sehr viel mit einer Balkenwaage gemeinsam. Eine solche Balkenwaage seht ihr im unteren Bild. Die Masse, die man auf der linken Seite sieht, beträgt 80 kg.**

   a) Nun sollst du die Waage ins Gleichgewicht bringen. Dafür hast du eine Masse von 40 kg zur Verfügung. Zeichne das Massestück an der richtigen Stelle ein.
   b) In welche Richtung musst du die rechte Masse verschieben, damit sich die linke Masse nach oben bewegt? Vergleiche den Vorgang mit dem Nagelklotz. Was fällt dir auf?
   c) Zeichnet an der Balkenwaage den Drehpunkt ein.



Mit einem Hebel lassen sich Lasten bewegen, die man normalerweise von Menschenhand nicht bewegen kann. Der Nagel in Aufgabe 1 ist genauso eine Last. Deshalb bezeichnet man den Hebel, an dem sich die Last befindet, als **Lastarm** und den Hebel auf der anderen Seite als **Kraftarm** (obwohl auf beiden Seiten Kräfte wirken, hat sich diese Bezeichnung eingebürgert). Merke: Auf der Seite, an der sich die Last befindet, die ich bewegen möchte, liegt der Lastarm.

Mit Hebeln Kraft sparen, Arbeitsblatt 3.1.1.1

3. Zeichne im Bild des Nagelblocks mit jeweils einer Linie Last- und Kraftarm ein und beschrifte sie entsprechend.

4. Vervollständige mit den Satzbausteinen unter dem Text folgende Sätze.

Das Hebelgesetz gilt nicht nur im Gleichgewicht, sondern auch wenn _____ _____. Der Vorteil an einem Hebel ist, dass _____ _____. Dazu muss die Hebellänge auf der Kraftarmseite _____ _____ als auf der Lastarmseite.

Satzbausteine:
... man damit Kraft sparen kann …
... man Dinge in Bewegung versetzen will …
... größer sein …

5. Versammelt euch nochmals um den Nagelblock und zieht einen weiteren Nagel heraus. Messt, um wie viele Zentimeter ihr das Eisen an der Griffstelle herunterdrücken müsst, um den Nagel 1 cm herauszuziehen. Antwort:

_____

6. Formuliere nun die Goldene Regel der Mechanik:

Goldene Regel der Mechanik:

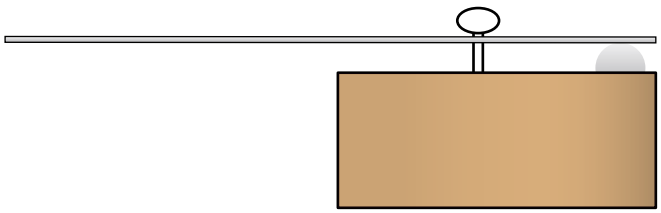
_____

_____

7. Hebelkräfte berechnen. Falls ihr die Formel nicht mehr wisst oder mit dem Umstellen Probleme habt, benutzt die Tippkarten vorne am Pult. Schreibe den Rechenweg in dein Heft bzw. deinen Ordner.

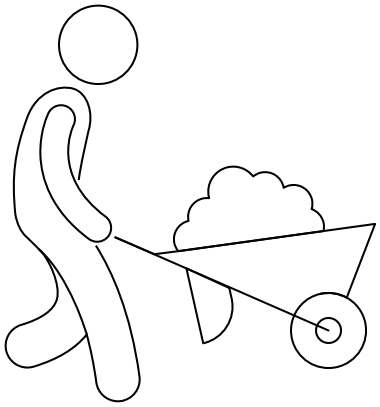
a) Rechnet aus, wie viel Kraft ihr mit dem Eisenhebel am Nagel aufbringen könntet, wenn ihr mit eurem kompletten Körpergewicht auf das Flacheisen drückt. Der Nagel hat einen Abstand zum Drehpunkt von 2 cm. Ihr drückt im Abstand von 100 cm. Vergesst nicht, davor eure Körpermasse in Gewichtskraft umzurechnen.
b) Berechnet, wie viel Masse ihr damit hochheben könntet.

8. Zeichne nun in die Schemazeichnung des einseitigen Hebels den Drehpunkt, den Lastarm und den Kraftarm ein. Benutzt für die beiden Hebel unterschiedliche Farben.



Mit Hebeln Kraft sparen, Arbeitsblatt 3.1.1.2

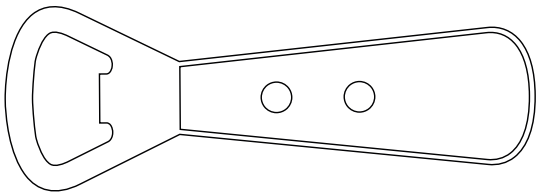
9. Diskutiert in der Klasse, wo sich bei dem einseitigen Hebel in der Zeichnung Drehpunkt, Kraftarm und Lastarm befinden und wo der Lastarm endet. Zeichnet diese danach an der richtigen Stelle ein. Tipp: Der Körperschwerpunkt der Schubkarre spielt eine wichtige Rolle.



10. Im Klassenzimmer sind verschiedene Gegenstände verteilt, die alle in irgendeiner Form mit dem Hebelgesetz zu tun haben. Geht in Zweiergruppen zu den Gegenständen und löst die jeweiligen Aufgaben dazu. Nehmt ein Lineal oder Geodreieck mit. Ihr müsst nicht die Reihenfolge einhalten, geht einfach zu einem Gegenstand, der noch frei ist.

Flaschenöffner:

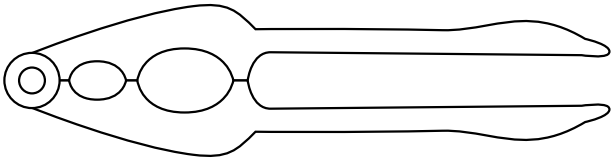
Handelt es sich um einen einseitigen oder zweiseitigen Hebel?
Zeichne Last- und Kraftarm ein.



Knoblauchpresse oder Nussknacker:

Zeichne mit unterschiedlichen Farben den kurzen Lastarm und den langen Kraftarm in die Zeichnung.

Etwas schwerer: Rechne aus, welche Kraft auf die Knoblauchzehe bzw. Nuss wirkt, wenn du in der Mitte des Griffs mit einer Kraft von 100 N drückst. Schreibe den Rechenweg in dein Heft bzw. deinen Ordner.

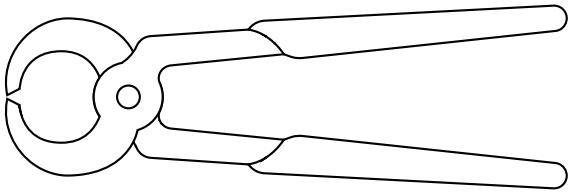


Mit Hebeln Kraft sparen, Arbeitsblatt 3.1.1.3

Zange oder Lochzange:

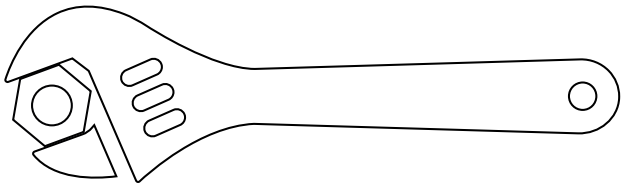
Handelt es sich um einen einseitigen oder um einen zweiseitigen Hebel?

Etwas schwerer: Rechne aus, welche maximale Kraft du an der Kontaktfläche entwickeln kannst, wenn du die Zange ganz außen mit 200 N zusammendrückst? Überlege dir, wie du messen musst! Schreibe den Rechenweg in dein Heft bzw. deinen Ordner.



Schraubenschlüssel:

Handelt es sich um einen einseitigen oder einen zweiseitigen Hebel?
Zeichne den kurzen Kraft- und den langen Kraftarm ein. Was fällt dir im Vergleich zu den anderen Hebeln an diesem Hebel auf? Diskutiert darüber.



Zwischenstation Verschiedenes:

Schaut euch die Gegenstände an und versucht, die Hebel zu entdecken. Entdeckt ihr noch weitere Hebel im Klassenzimmer? Fertigt in eurem Heft bzw. Ordner Skizzen an und zeichnet Last- und Kraftarm ein. Handelt es sich um einseitige oder zweiseitige Hebel?

Zusammenfassung 3.1.2.0

1. Du hast heute viele verschiedene Hebel kennengelernt, aber grundsätzlich lassen sich die Hebel auf zwei Arten unterscheiden. Welche sind dies?

a) _____

b) _____

2. Du siehst hier eine Schemazeichnung eines Hebels und darunter zwei Aussagen. Wie verhält sich die Kraft im Lastarm gegenüber der Kraft im Kraftarm, kreuze an.

◯ Die Kraft im Lastarm erhöht sich.
◯ Die Kraft im Lastarm verringert sich.

3. „Auf der Welt ist nichts umsonst!“ Was hat dieser Ausspruch mit der Goldenen Regel der Mechanik zu tun? Erkläre.

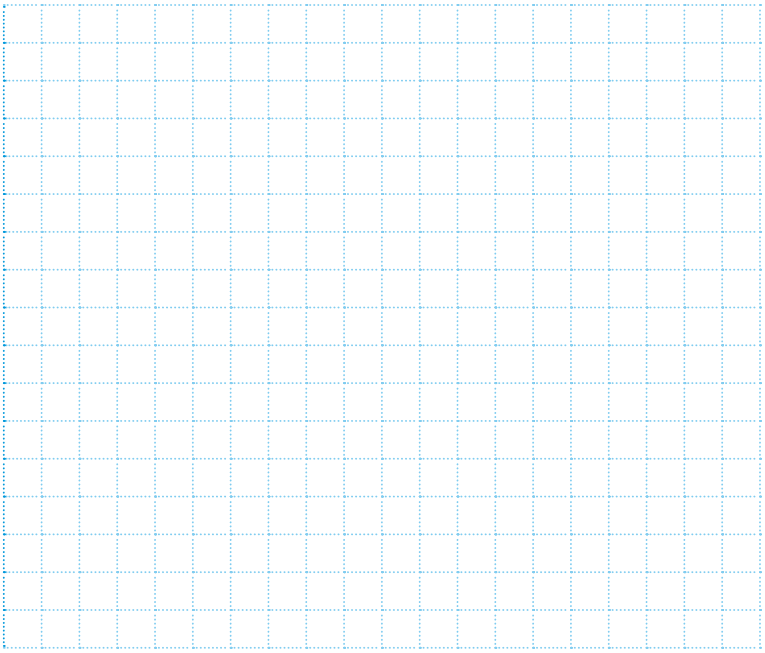
_____

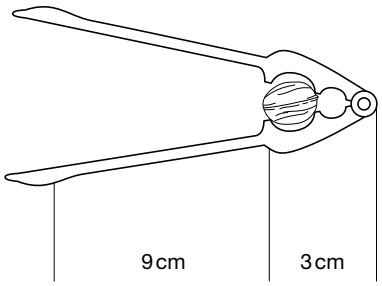
_____

_____

_____

4. Etwas schwerer: Berechne die Kraft, mit der eine Nuss geknackt wird, wenn du den Nussknacker dabei mit 90 N zusammendrückst.





Tippkarte zu Aufgabe 7 in Arbeitsblatt 3.1.1.1

Hebelgesetzformel:

Lastarmlänge · Last = Kraftarmlänge · Kraft

$s_L \cdot F_L = s_K \cdot F_K$

Umstellen der Hebelgesetzformel:

Überlege dir zunächst, welchen Wert der Formel du durch Berechnung herausfinden möchtest.

Dieser Teil muss nach der Umstellung alleine stehen.

Umstellen der Formel, wenn du z. B. die Kraft FK herausfinden möchtest:

$s_L \cdot F_L = s_K \cdot F_K \quad | : s_K$

$\frac{s_L \cdot F_L}{s_K} = \cdot F_K$

Da du aber die Last F_L herausfinden willst, musst du den oben gezeigten Weg auf F_L anwenden. Schaffst du das?

Sequenz 2: Mit Hebeln Tempo machen

Zeitrahmen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …	
• erläutern, dass das Hebelgesetz auch dazu benutzt werden kann, um die Geschwindigkeit zu erhöhen (IK 7).	Ist der Kraftarm kürzer als der Lastarm, muss man zwar mehr Kraft aufwenden, dafür verlängert sich der Weg. Da dies bei Kraft- und Lastarm in der gleichen Zeit geschieht, erhöht sich dadurch auch die Geschwindigkeit beim Lastarm. Bei Mensch und Tier kommt dieser Hebel sehr häufig im Muskel-Skelett-System vor.
• vergleichen ein Rad mit einem „unendlichen Hebel“ (IK 7).	Befestigt man zwei unterschiedlich große Räder auf der gleichen Achse, verhalten sich diese zueinander wie zwei unterschiedlich lange Hebel.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	**Zugehöriges Wissen**
Die Schülerinnen und Schüler …	
• geben selbstständig angemessene Begründungen für Vermutungen und Hypothesen an (PK-N 2).	Eine Hypothese oder Vermutung sollte aus bisherigem Wissen oder Erfahrungen abgeleitet werden.
• entwerfen selbstständig kontrollierte Experimente zu einfachen Fragen (PK-N 4).	Naturwissenschaftliche Experimente, in denen immer nur eine Variable verändert wird, nennt man kontrolliert oder fair. (Hinweis: Knüpft an die Grundschule an, wo die Idee des „fairen Versuchs“ eingeführt wird.)
• sind in der Lage, komplexe technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, technische Lösungen zu konstruieren, zu fertigen und zu optimieren (PK-T 1).	Das Konstruieren und Herstellen von Artefakten, z. B. in dieser Sequenz „Wurfmaschinen oder Räder“, gehört zu den zentralen technischen Arbeits- und Denkweisen.
• bauen einen geplanten Versuch bzw. ein geplantes Experiment sachgerecht auf und führen ihn bzw. es sachgerecht durch (PK-N 5).	Der sachgerechte Aufbau eines Experiments ist grundlegend für eine sachgerechte Durchführung. Um haltbare Ergebnisse zu erzielen, muss ein Experiment sachgerecht und genau durchgeführt werden.
• messen sorgfältig (PK-N 7).	Zu einer sachgerechten Durchführung gehört eine sorgfältige Messung, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.
• wählen zielgerichtet angemessene Darstellungsformen aus (PK-N 8).	Die angemessene Aufbereitung von Daten trägt dazu bei, die Untersuchung und die aus ihr gezogenen Schlussfolgerungen nachvollziehbar zu machen.

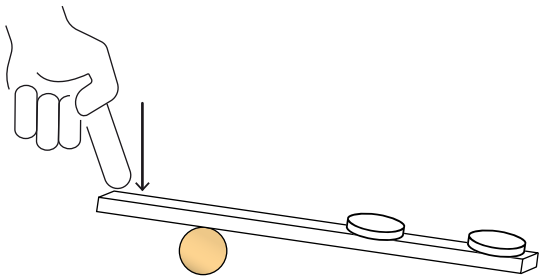
Kurzbeschreibung der Stunde

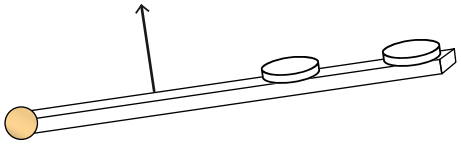
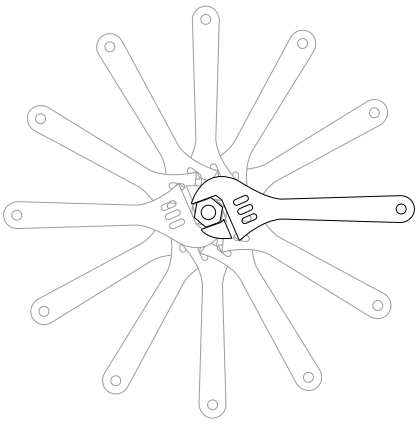
Über einen Rückgriff auf die letzte Sequenz (Nagelklotz) wird zunächst auf die Zeit- und Streckenverhältnisse im Last- und Kraftarm eingegangen, um daraufhin Rückschlüsse auf deren Geschwindigkeiten zu ziehen. Diese Rückschlüsse werden experimentell nachgewiesen. Nach einem kurzen Exkurs in die Biomechanik und zu Hebeln zur Geschwindigkeitserhöhung im Muskel-Skelett-System wird festgestellt, dass man das Rad als „unendlichen Hebel“ betrachten kann. Diese Erkenntnis dient als Vorbereitung auf die folgende Sequenz 3.

Organisatorischer Hinweis

Auf niedrigerem Niveau lässt sich das Schülerexperiment (siehe unten Schülerexperiment und Zwischensicherung, 12 Minuten) auch an den Anfang stellen, sodass dies als Einstieg durchgeführt wird, um es daraufhin mit der Theorie des Hebelgesetzes zu erklären.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Klassen-gespräch **10 min**	**Einstieg** LK knüpft an die vorangehende Stunde an und leitet damit zum Thema „Mit Hebeln Tempo machen“ über (Nagelklotz-Skizze auf der Folie 3.2.1). „Was passiert mit der Kraft im Lastarm, wenn ich auf den Kraftarm drücke? Was geschieht mit dem Weg im Lastarm? Gibt es Zeitunterschiede zwischen Lastarm und Kraftarm während der Bewegung?“ Klärung im Klassengespräch, dass beim Lastarm genauso viel Zeit wie beim Kraftarm vergeht, aber die Strecke, die mit dem Lastarm zurückgelegt wird, deutlich kürzer und damit auch die Geschwindigkeit geringer ist. SuS lösen Aufgabe 1 (je nach Niveau mithilfe der LK) und Aufgabe 2.	• Folie 3.2.1 • AB 3.2.1.0
Klassengespräch oder Partnerarbeit **12 min**	**Schülerexperiment und Zwischensicherung** LK knüpft an Aufgabe 2 an: „Diese Vermutung wollen wir in einem Experiment überprüfen.“ SuS katapultieren mittels eines Lineals, das auf einem Stift gelagert ist, zwei 10-Cent-Münzen nach oben (s. Zeichnung unten). Tipp: Falls die SuS kein Lineal besitzen, kann auch das Tafellineal in einem Demonstrationsexperiment benutzt werden. LK fragt, welche Münze höher fliegt. Warum? SuS lösen Aufgabe 3 (je nach Niveau als Partnerarbeit oder im Klassengespräch) und Aufgabe 4. 	• AB 3.2.1.0 • 2 10-Cent-Münzen • 1 Lineal • 1 Stift

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Einzelarbeit **15 min**	**Anwendung** LK führt in die Aufgabe 5 ein und erklärt, dass sich der Bizeps zusammenzieht und sich somit der Oberarm beugt. Außerdem weist sie auf die doppelte Bedeutung des Wortes „Arm“ hin, um Verwechslungen vorzubeugen. SuS lösen Aufgabe 5 (Hebel zur Geschwindigkeitserhöhung im Muskel-Skelett-System.) LK weist in Aufgabe 5f darauf hin, in welchem Fall eine Tierart eher überleben würde (Evolutionsbiologie). In den meisten Fällen, ist eine hohe Geschwindigkeit überlebenswichtig. SuS sollen den Hebel im menschlichen Arm mit einem ähnlichen Versuch wie zuvor nachstellen und Last- und Kraftarm zuordnen. Evtl. eine Schnur befestigen und nach oben ziehen: (Sehne am Knochen)  Lineal am Ende fixieren: Drehpunkt (Gelenk)	• AB 3.2.1.0–3.2.1.1 • 2 10-Cent-Münzen je Schüler/-in • 1 Lineal je Schüler/-in • 1 Stift je Schüler/-in • 1 Stück Bindfaden je Schüler/-in
Klassengespräch **3 min**	**Vernetzung** LK stellt eine Verbindung zwischen Hebel und Rad her. Sie legt folgendes Bild auf und verbindet einerseits die Punkte der äußeren Schraubenschlüsselkante zu einem großen Kreis, andererseits den jeweils äußeren Rand der Schraube zu einem kleinen Kreis.  ➔ Ein Rad kann man sich also als unendlich viele Hebel vorstellen. Und wenn man zwei Räder auf einer Achse befestigt, verhalten sich diese wie zwei Hebel zueinander.	• Folie 3.2.2
Einzelarbeit und Klassengespräch **5 min**	**Zusammenfassung** SuS lösen Aufgabe 6 selbstständig. LK bespricht mit der Klasse die Aufgabenlösung.	• AB 3.2.1.1

Materialien

Kursiv und fett geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.
Sie befinden sich nicht in den Kisten!

Benötigtes Experimentiermaterial

✓	Stückzahl	Material
	Schüleranzahl	***2 10-Cent-Münzen (von Schülerinnen und Schülern)***
	Schüleranzahl	***Lineale oder Geodreiecke (von Schülerinnen und Schülern) und/oder Tafellineal der Lehrkraft***
	Schüleranzahl	***Stifte (von Schülerinnen und Schülern)***
	Schüleranzahl	***ca. 20 cm Bindfaden***

Mit Hebeln Tempo machen, Arbeitsblatt 3.2.1.0

1. **Wie verhält sich die Geschwindigkeit im kurzen Lastarm, wenn man den langen Kraftarm bewegt? Schreibe einen vollständigen Satz.**

2. **Was passiert beim Hebel im Lastarm, wenn der Kraftarm kürzer ist als der Lastarm?**

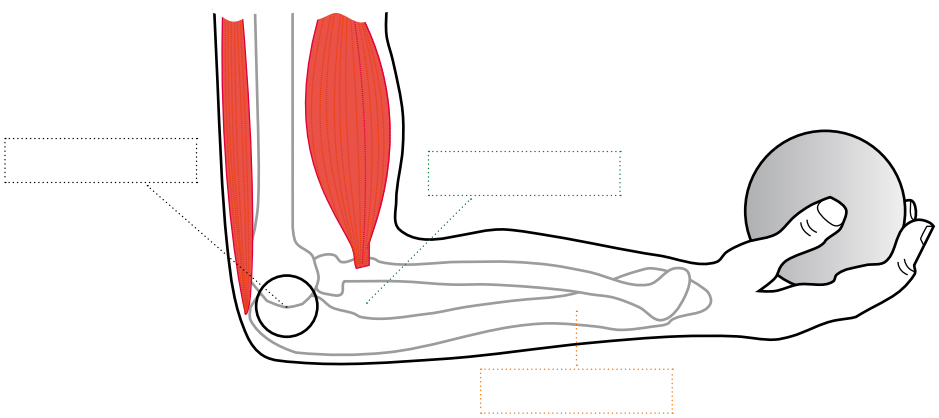
   Die Kraft _____
   Der Weg _____
   Die Geschwindigkeit _____

3. **Drücke den Hebel nach unten: Die Münzen bewegen sich nach oben. Miss die Wege, welche die vordere und die hintere Münze auf dem Lineal nach oben zurücklegen. Wenn du annimmst, dass du 0,5 Sekunden für das Herunterdrücken brauchst, wie groß ist dann die Geschwindigkeit der vorderen und die Geschwindigkeit der hinteren Münze in m/s?**

4. **Formuliere einen Merksatz, der die Aufgaben 2 und 3 zusammenfasst.**

5. **Hebel mit kurzem Kraftarm und langem Lastarm findet man häufig in der Natur. Unsere Arme und Beine werden beispielsweise über einen solchen Hebel bewegt. Im unteren Bild siehst du einen menschlichen Arm und auf der rechten Seite des Oberarms den Bizeps. Dieser Muskel wird oft angespannt, um zu zeigen, wie stark man ist. Der Bizeps hat u. a. die Aufgabe, den Unterarm zu bewegen.**

   a) Beschrifte: Drehpunkt, Lastarm, Kraftarm



Mit Hebeln Tempo machen, Arbeitsblatt 3.2.1.1 (Fortsetzung der Aufgabe 5)

b) Handelt es sich bei diesem Hebel um einen einseitigen oder um einen zweiseitigen Hebel?

c) Findest du auf dem Bild noch einen zweiseitigen Hebel? Wenn ja, zeichne mit einer roten und blauen Linie den Last- und Kraftarm ein.

d) Überlege dir, welchen Vorteil es hätte, wenn der Muskel näher an der Hand ansetzen würde.

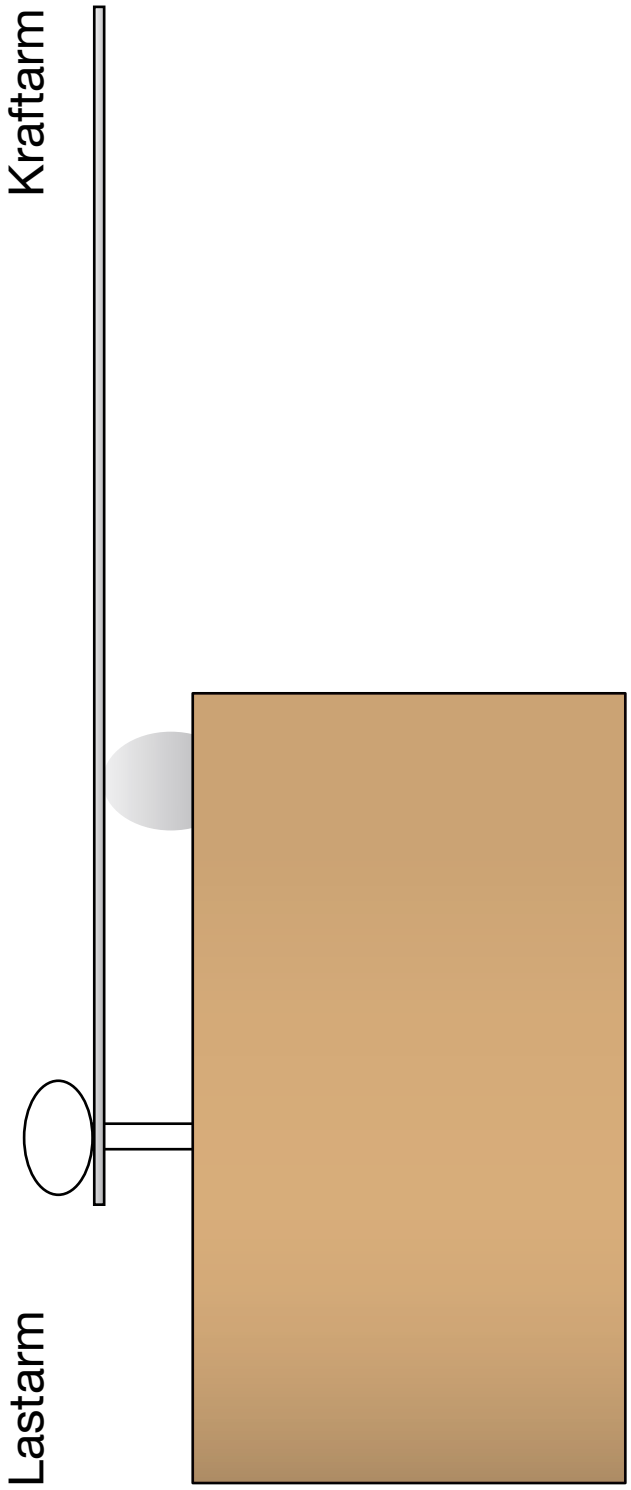
e) Überlege dir nun, welche Nachteile es hätte, wenn der Muskel näher an der Hand ansetzen würde.

f) Der Ansatzpunkt nahezu aller Muskeln im menschlichen Körper ist auf eine hohe Geschwindigkeit ausgelegt. Diskutiere mit deinem Tischnachbarn, welche Variante des Muskelansatzes (nah an der Hand oder weit entfernt von der Hand) in einer lebensgefährlichen Situation oder in einem Kampf besser ist.

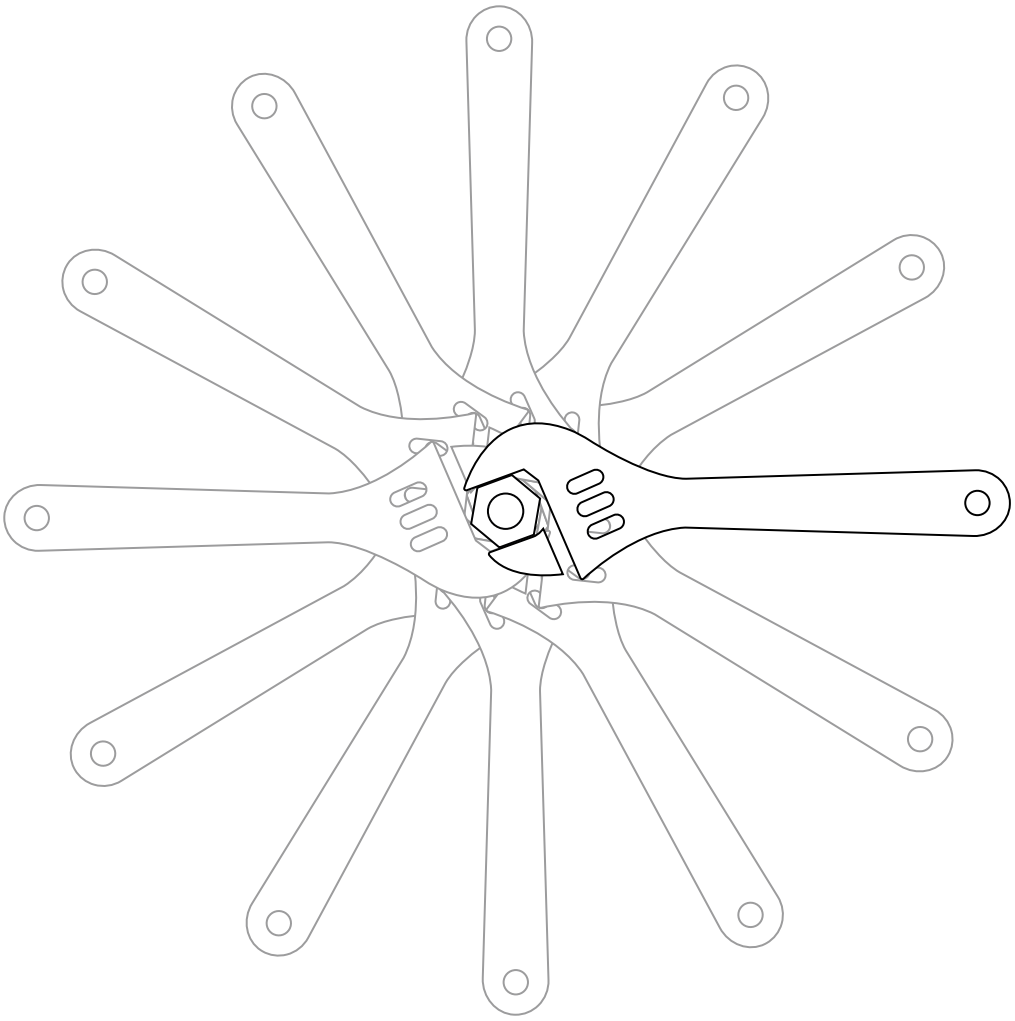
Zusammenfassung

6. Erkläre in eigenen Worten, wie du mithilfe eines Hebels die Geschwindigkeit erhöhen kannst.

Geschwindigkeit und Hebel, Folie 3.2.1



Vom Hebel zum Rad, Folie 3.2.2



Kennt ihr Beispiele aus dem Alltag, wo das Hebelgesetz an Rädern zur Anwendung kommt?

Sequenz 3: Die Goldene Regel der Mechanik in der Technik

Zeitrahmen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler …	
• erkennen technische Anwendungen der Goldenen Regel der Mechanik in unterschiedlichen Formen (lose Rolle, Flaschenzug, schiefe Ebene, große Räder auf der gleichen Achse, IK 5).	Das Schalten beim Fahrrad auf dem hinteren Kettenblatt ist eine Veränderung des Hebelunterschieds zwischen Rad und Kettenblatt (Wegerhöhung, Geschwindigkeitserhöhung bzw. Krafterhöhung). Mit einer losen Rolle lässt sich Kraft sparen. Eine schiefe Ebene ist die einfachste technische Anwendung der Goldenen Regel der Mechanik, wenn man eine Höhe überwinden muss.
• beschreiben die physikalischen Unterschiede zwischen einer Verbindung von zwei Rädern auf unterschiedlichen Achsen und einer Verbindung von zwei Rädern auf der gleichen Achse (IK 7).	Bei zwei verschieden großen Rädern auf unterschiedlichen Achsen ändern sich Geschwindigkeit und Weg, hingegen bleibt die Kraft gleich. Bei zwei verschieden großen Rädern auf der gleichen Achse ändern sich Geschwindigkeit, Weg und Kraft.
• beschreiben die Unterschiede bei der Anwendung von Zahnrad und Ketten-/Riemenrad (IK 7).	Bei Zahnrädern, die ineinandergreifen, ändert sich die Drehrichtung, bei Ketten- bzw. Riemenrädern wie z. B. beim Fahrrad bleibt die Drehrichtung gleich.
• erläutern, wozu in der Technik Getriebe gebraucht werden (IK 7).	Getriebe finden sich vor allem in Motoren, um Kräfte, Wege bzw. Geschwindigkeiten zu „übersetzen“, d. h. zu verändern. Dabei geht die Vergrößerung der einen Größe mit der Verkleinerung einer anderen Größe einher (Goldene Regel der Mechanik).
• können Drehzahländerungen erläutern und mathematisch vorhersagen (IK 7).	Die Durchmesser der Räder (Zahnrad, Kettenrad) bzw. das Verhältnis zwischen zwei Rädern bestimmt die Drehzahländerung.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	**Zugehöriges Wissen**
Die Schülerinnen und Schüler …	
• geben selbstständig angemessene Begründungen für Vermutungen und Hypothesen an (PK-N 2).	Eine Hypothese oder Vermutung sollte aus bisherigem Wissen oder Erfahrungen abgeleitet werden.
• entwerfen selbstständig kontrollierte Experimente zu einfachen Fragen (PK-N 4).	Naturwissenschaftliche Experimente, in denen immer nur eine Variable verändert wird, nennt man fair. (Hinweis: Knüpft an die Grundschule an, wo die Idee des „fairen Versuchs“ eingeführt wird.)
• begründen die Notwendigkeit der Variablenkontrolle (PK-N 4).	Eine Variable bezeichnet eine bestimmte Eigenschaft bzw. ein bestimmtes Merkmal eines Gegenstandes.
• bauen einen geplanten Versuch bzw. ein geplantes Experiment sachgerecht auf und führen ihn bzw. es sachgerecht durch (PK-N 5).	Der sachgerechte Aufbau eines Experiments ist grundlegend für eine sachgerechte Durchführung. Um haltbare Ergebnisse zu erzielen, muss ein Experiment sachgerecht und genau durchgeführt werden.
• messen sorgfältig (PK-N 7).	Zu einer sachgerechten Durchführung gehört eine sorgfältige Messung, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.
• schätzen sorgfältiges Messen als ein wichtiges Verfahren zur Reduzierung von Messunsicherheiten ein (PK-N 7).	Um möglichst eindeutige Ergebnisse zu erhalten, ist es wichtig, genau zu messen.
• unterscheiden zwischen vergleichsweise sicheren und vorläufigen Generalisierungen (die auf der Basis weniger Fallzahlen entstanden sind) (PK-N 10).	Eine Generalisierung lässt sich nur dann vornehmen, wenn mehrere Messungen gleiche oder zumindest ähnliche Resultate liefern.

• untersuchen komplexe technische Gegenstände bzw. Prozesse (PK-T 2).	Die Lernenden sollen an zunehmend komplexer werdenden technischen Gegenständen oder Prozessen zugrunde liegende Zusammenhänge erkunden und verstehen, z. B. am Flaschenzug.
• sind in der Lage, komplexe technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, technische Lösungen zu konstruieren, zu fertigen und zu optimieren (PK-T 1).	Das gezielte Reduzieren bzw. Erhöhen von Kräften, Geschwindigkeiten oder Wegen stellt bei vielen Konstruktionen und Gegenständen eine besondere Herausforderung dar. Die Goldene Regel der Mechanik ermöglicht vielfältige Lösungen.
• erklären technische Zusammenhänge mit zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten (PK-T 2).	Im Alltag gibt es viele technische Gegenstände und Prozesse, die einen Bezug zur Goldenen Regel der Mechanik aufweisen. Die Lernenden sollen an technischen Gegenständen zugrunde liegende naturwissenschaftliche Zusammenhänge erkunden.
• analysieren und beurteilen Probleme im Prozess des technischen Handelns, entscheiden sich für eine Lösung und begründen diese (PK-T 3).	Technisches Handeln verfolgt das Ziel, einen angestrebten Zweck zu erreichen. Technische Gegenstände und Prozesse sind deshalb im Hinblick auf den angestrebten Zweck zu beurteilen.
• bereiten Sachverhalte und Zusammenhänge in technischen Handlungsfeldern mit sprachlichen, grafischen und multimedialen Mitteln verständlich auf und dokumentieren und präsentieren sie (PK-T 4).	Technische (und naturwissenschaftliche) Sachverhalte und Zusammenhänge müssen für ein Forschungs- bzw. Entwicklungsteam sowie für Kunden und Nutzerinnen in Verkaufsbroschüren sowie Gebrauchsanleitungen verständlich aufgearbeitet sein.

Kurzbeschreibung der Stunde

In dieser Doppelstunde lernen die Schülerinnen und Schüler die Anwendung der Goldenen Regel der Mechanik in der Technik kennen. Während eines Stationenlaufs erforschen und verstehen sie die technischen Lösungen von Fahrradgetrieben, von loser und fester Rolle und der schiefen Ebene. Zudem werden die gewonnenen Erkenntnisse auf einem Arbeitsblatt zusammengefasst.

Organisatorische Hinweise

Diese Sequenz ist relativ umfangreich und erfordert ein konsequentes und diszipliniertes Arbeiten der Schülerinnen und Schüler.

Die „Schiefe Ebene“ bei der gleichnamigen Station müssen die Schülerinnen und Schüler mit Büchern und einem Brett selbst aufbauen. Achten Sie darauf, dass die Schülerinnen und Schüler die Höhendifferenz konstant halten und dafür die Strecke verkürzen.

Das Wägelchen wurde bereits im Themenbereich 1, Sequenz 2 verwendet; zum Aufbau des Wägelchens siehe Seite 56.

Die Station „Mit Rollen Kraft umlenken und sparen“ ist bezüglich der Aufhängemöglichkeiten der Rollen problematisch. Deshalb sind Tischklammern im Material enthalten, an denen die Rollen eingehängt werden können. Die Tischklammern selbst können an einer Tür, Tafel oder einem auf dem Tisch stehenden Stuhl befestigt werden. Eine Schülerin oder ein Schüler muss den Stuhl während des Versuchs festhalten. Die Rollen selbst werden mit den mitgelieferten Karabinerhaken befestigt.

Station 2 b kann nur im Anschluss an Station 2 a bearbeitet werden.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
Klassen-gespräch **5 min**	**Einstieg/Wiederholung** SuS lösen zusammen mit der LK die Aufgaben auf Folie 3.3.1.	• Folie 3.3.1
Gruppen-arbeit **55 min**	**Stationenlauf/Erarbeitung** Für die LK allgemein zu beachten: • Die Station 1 zum Riemen- oder Kettengetriebe am Fahrrad ist die schwierigste. • Für Klassen bzw. Lernende des unteren Leistungsniveaus sind für diese Sequenz evtl. insgesamt 3 x 45 Minuten vorzusehen. LK leitet mittels der letzten beiden Bilder auf Folie 3.3.1 über auf das, was die SuS heute untersuchen sollen. Aufteilung in Dreiergruppen. **Station 1: Das Riemen- oder Kettengetriebe am Fahrrad** (Station ist viermal vorhanden) • Was ändert sich in Bezug auf das Rad und auf den Radfahrer, wenn ich vom kleinen auf das große Ritzel schalte? SuS bearbeiten die Aufgaben 1–12 des Arbeitsblatts 3.3.1.0. SuS messen die Strecke, die das Rad bei einer Umdrehung der Kurbel zurücklegt. SuS • ermitteln, was eine vergrößerte Umlaufstrecke für die Geschwindigkeit bedeutet, und vergleichen dies mit der eigenen Erfahrung, • übertragen die Goldene Regel der Mechanik auf das Fahrradgetriebe und ziehen Rückschlüsse auf die Kraft. Fakultativ: Die Aufgabe „Das Riemen- oder Kettengetriebe am Fahrrad“ lässt sich durch weitere Experimente zu „Drehzahlveränderungen mit einem Getriebe“ ergänzen. Anregungen hierzu finden sich auf zwei Seiten am Ende dieser Sequenz direkt vor den Stationenblättern. Für diese Experimente werden weitere 45–90 Minuten benötigt. Als Material kann auf das vorhandene zurückgegriffen werden und/oder auf Baukästen wie Fischertechnik. **Station 2: Flaschenzüge** (Station ist sechsmal vorhanden) a) Mit zwei Rollen Kraft umlenken und sparen – Flaschenzug. b) Wieso helfen Flaschenzüge, Kraft zu sparen? Achtung: Falls die Schultaschen mehr als 50 N Gewichtskraft aufweisen, den Tascheninhalt anpassen oder andere Federkraftmesser verwenden. • Wieso erleichtert mir eine Rolle den Kraftaufwand, um etwas hochzuheben?	• AB 3.3.1.0–3.3.1.3 • 10 Maßbänder • 4 Riemenradsätze vorne • 4 Riemenradsätze hinten • 11 Grundplatten • 4 Antriebsriemen • 6 Seitenteile mit Rad • 6 Seitenteile ohne Rad • 12 Rollen • 12 Karabinerhaken • 6 Seilstücke • 6 Tischklemmen • 6 Kraftmesser 50–80 N (Station 2 a) • 2 Kraftmesser 20–40 N (Station 3) • 2 kurze Bretter (80–120 cm) • 2 lange Bretter (160–200 cm) • 6–8 Bücher als Unterlage

Zeit, Sozial-/ Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/ Medien
	• Wieso wird der Kraftaufwand bei zwei Rollen noch weiter erleichtert? • Was passiert im Flaschenzug genau, sodass sich die Kraft im Zugseil verringert und der Weg sich vergrößert? SuS bearbeiten bei Station 2 a die Aufgaben 1–7 des Arbeitsblatts 3.3.1.1 und bei Station 2 b die Aufgaben 1–2 des Arbeitsblatts 3.3.1.2. SuS messen: • den Seilweg beim Ziehen, • den Anhebeweg der Tasche, • die Kraft im Seil. SuS transferieren: • Wie kann ich mit der gleichen Vorrichtung ein Gewicht möglichst schnell hochziehen? Lösung: Gewicht ans Zugseil hängen und am Flaschenzug ziehen. **Station 3: Die einfachste Art, Kraft zu sparen** (Station ist dreimal vorhanden) • Wie verändern sich Kraft und Weg, wenn eine bergaufwärts führende Straße mehr oder weniger steil ist? SuS bearbeiten Aufgaben 1–3 des Arbeitsblatts 3.3.1.3. SuS messen: • den Höhengewinn (Höhendifferenz), • die zurückgelegte Strecke, • die aufgewendete Kraft. SuS berechnen: • das Verhältnis von Weg und aufgewendeter Kraft. SuS transferieren: • die Goldene Regel der Mechanik in den entsprechenden Sachverhalt.	
Klassengespräch **15 min**	**Ergebniskontrolle** LK bespricht mit den SuS die Ergebnisse.	• AB 3.3.1.0–3.3.1.3
Einzelarbeit **15 min**	**Zusammenfassung** SuS lösen selbstständig die Aufgaben auf dem Arbeitsblatt.	• AB 3.3.2.0

Materialien

Kursiv und fett geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.
Sie befinden sich nicht in den Kisten!

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	10	Maßbänder
	6	Tischklemmen
	4	Riemenradsätze vorne
	4	Riemenradsätze hinten
	11	Grundplatten
	4	Antriebsriemen
	6	Seitenteile mit Rad
	6	Seitenteile ohne Rad
	12	Rollen
	12	Karabinerhaken
	6	Seilstücke
	6	***Kraftmesser 50–80 N***
	2	***Kraftmesser 20–40 N***
	2	***Kurze Bretter (z. B. Regalböden) für die Rampe (ca. 80–120 cm)***
	2	***Lange Bretter (z. B. Regalböden) für die Rampe (ca. 160–200 cm)***
	6–8	***Bücher oder Ähnliches zum Unterlegen der Rampe***

Aufbau Riemengetriebe

Vier Riemengetriebe sollen aufgebaut werden. Sie bestehen aus jeweils zwei Grundplatten, einem Riemenradsatz mit Rad, einem Riemenradsatz mit Kurbel und einem Antriebsriemen.

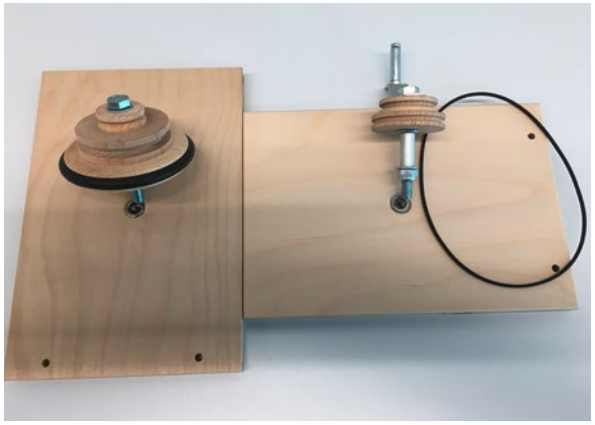


Abb. 11: Materialien für das Riemengetriebe.

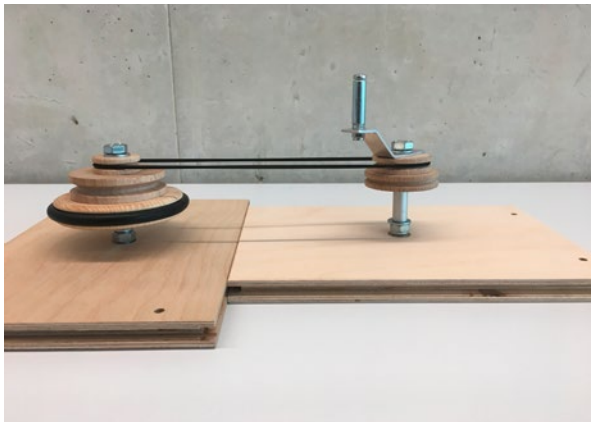


Abb. 12: Aufgebautes Modell des Riemengetriebes.

Die Goldene Regel der Mechanik in der Technik, Arbeitsblatt 3.3.1.0

Station 1 – Das Riemen- oder Kettengetriebe am Fahrrad (Station ist viermal vorhanden)

Um den Aufbau einfacher zu machen, wird in den folgenden Versuchen statt eines Kettengetriebes ein Riemengetriebe verwendet. Das Prinzip ist aber dasselbe.

1. Lege den Riemen (Gummi) auf das kleine vordere Riemenrad und auf das kleine hintere Riemenrad.

2. Kennzeichne an der gleichen Stelle wie auf dem linken Bild des Stationenblatts (roter Punkt) mit einem Bleistift den äußeren Rand des Hinterrads und des kleinen hinteren Riemenrads.

3. Bewege nun die Kurbel genau eine Umdrehung und markiere erneut die Stellen ganz rechts (siehe Stationenblatt, rechtes Bild).

4. Miss mit dem Maßband die Kreisbögen zwischen den beiden Markierungen (ähnlich der roten Linien auf dem Stationenblatt, rechtes Bild) und trage die Werte in die Tabelle ein.

5. Lege nun den Riemen auf das hintere, große Riemenrad.

6. Miss die Kreisbögen des Hinterrades und des großen Riemenrades und trage die Werte in die Tabelle ein.

	Kreisbögen Riemenräder	**Kreisbögen Rad**
Riemen auf kleinem Riemenrad		
Riemen auf großem Riemenrad		

7. Vergleiche die Kreisbögen zwischen den hinteren Riemenrädern. Vergleiche die Länge der Kreisbögen des kleinen und großen Riemenrads mit dem Rad. Wo stellst du Veränderungen fest und wo nicht? Schreibe die Antwort in dein Heft/deinen Ordner.

8. Welche Strecke hättest du demnach bei den jeweiligen Versuchen zurückgelegt, wenn das Rad sich auf dem Boden bewegt hätte? Schreibe die Antwort in dein Heft/deinen Ordner.

9. Stell dir vor, du bewegst bei beiden Versuchen die Kurbel gleich schnell. Bei welchem Versuch würdest du eine höhere Geschwindigkeit erreichen? Begründe! Stimmt das mit der Erfahrung beim Radfahren überein? Schreibe die Antwort in dein Heft/deinen Ordner.

10. Mit welchem Riemenrad kannst du mehr Kraft sparen? Die Goldene Regel der Mechanik hilft dir, die Antwort zu finden. Stimmt das mit deiner eigenen Erfahrung beim Radfahren überein? Gib dazu ein Beispiel. Schreibe die Antwort in dein Heft/deinen Ordner.

11. Schreibe in zwei bis drei Sätzen eine kurze Zusammenfassung des an dieser Station Gelernten. Benutze dazu die Begriffe Kraft, Weg und Geschwindigkeit.

12. Radiere die Bleistiftmarkierungen auf den Rädern aus.

Die Goldene Regel der Mechanik in der Technik, Arbeitsblatt 3.3.1.1

Station 2a – Mit zwei Rollen Kraft umlenken und sparen (Flaschenzug) (Station ist sechsmal vorhanden)

1. Befestige die Schnur an deiner Schultasche und hebe diese bis auf Bauchhöhe an.

2. Fädele nun das Seil durch beide Rollen: Befestige eine Rolle an der Tasche, befestige die andere Rolle und das Seilende am Haken. Hebe die Tasche erneut an, indem du das Seil nach unten ziehst.

3. Welche Variante fiel dir leichter?

4. Miss die Kraft, die bei den jeweiligen Versuchen wirkt, indem du einen Federkraftmesser dazwischenhängst.

5. Erkläre, wieso dir eine Variante leichter fiel.

6. Bei welcher Variante musst du mehr Weg zurücklegen, um die Tasche gleich hoch anzuheben? Stelle eine Vermutung an, um wie viel länger die Strecke sein muss. Miss das nach.

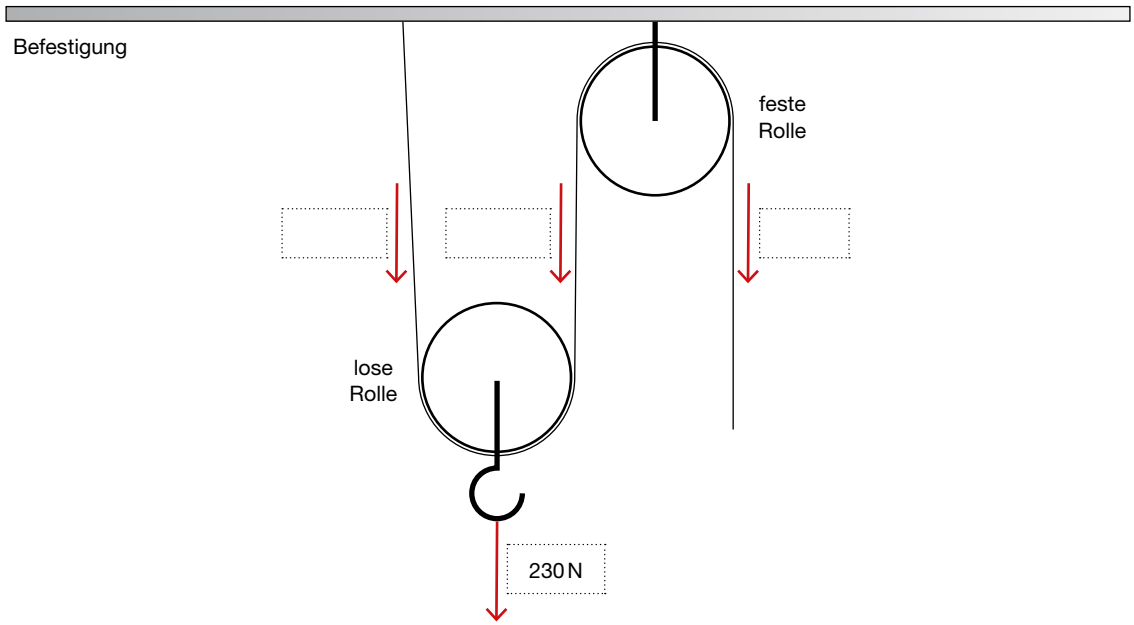
7. Stell dir vor, du musst mit dieser Vorrichtung eine leichte Masse möglichst schnell hochziehen. Wie würdest du vorgehen? Prüfe deine Idee nach.

Die Goldene Regel der Mechanik in der Technik, Arbeitsblatt 3.3.1.2

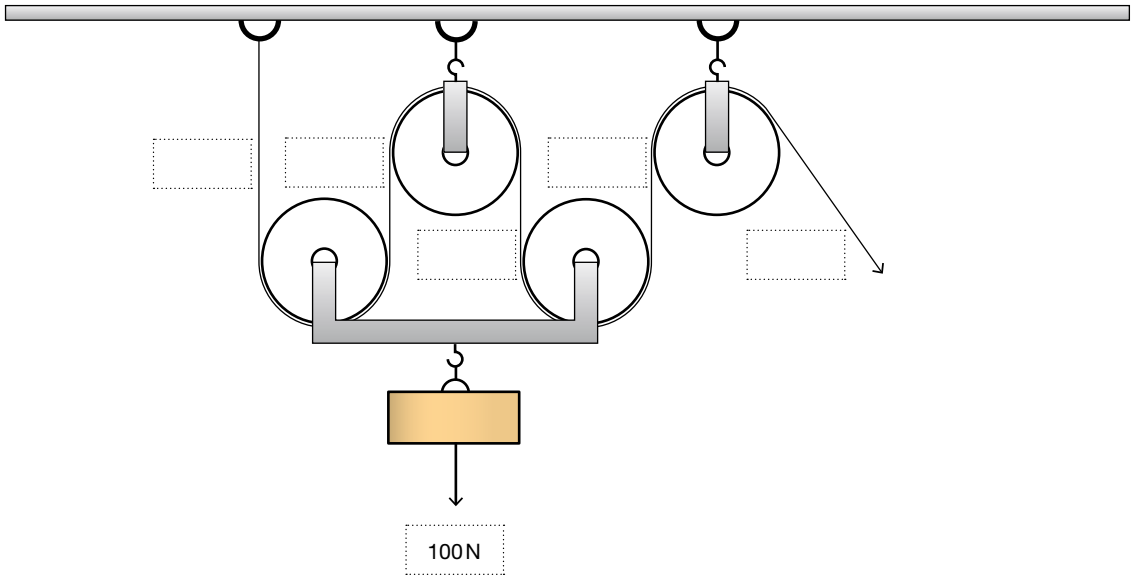
Station 2 b – Wieso helfen Flaschenzüge, Kraft zu sparen? (Station ist sechsmal vorhanden)

1. Lies den Text „Kraft sparen durch eine Rolle?“ aufmerksam durch.

2. Mit dem Wissen aus dem Text kannst du folgende Aufgabe lösen: Fülle unten die drei leeren Kästchen mit den richtigen Kraftwerten aus.



Zusatzaufgabe: Schaffst du es auch, folgende Aufgabe richtig zu lösen? Notiere die Kraft in den leeren Kästchen und zeichne die fehlenden Pfeile ein.



Die Goldene Regel der Mechanik in der Technik, Arbeitsblatt 3.3.1.3

Station 3 – Die einfachste Art, Kraft zu sparen (Station ist zweimal vorhanden)

1. Zieh zuerst an der kurzen und dann an der langen Rampe das Wägelchen mit einem Kraftmesser hoch. **Überwinde dabei die gleiche Höhe.** Ziehe möglichst mit der gleichen Geschwindigkeit. Was zeigt der Kraftmesser an? Miss die Strecke, die die Wägelchen zurücklegen.

2. Multipliziere von jedem Versuch die gemessene Strecke mit der gemessenen Kraft und vergleiche die beiden Versuche miteinander. Was fällt dir auf?

3. Auf dem rechten Bild siehst du eine Passstraße in den Schweizer Alpen. Erkläre mit der Goldenen Regel der Mechanik, warum die Straße nicht auf direktem Weg nach oben führt.

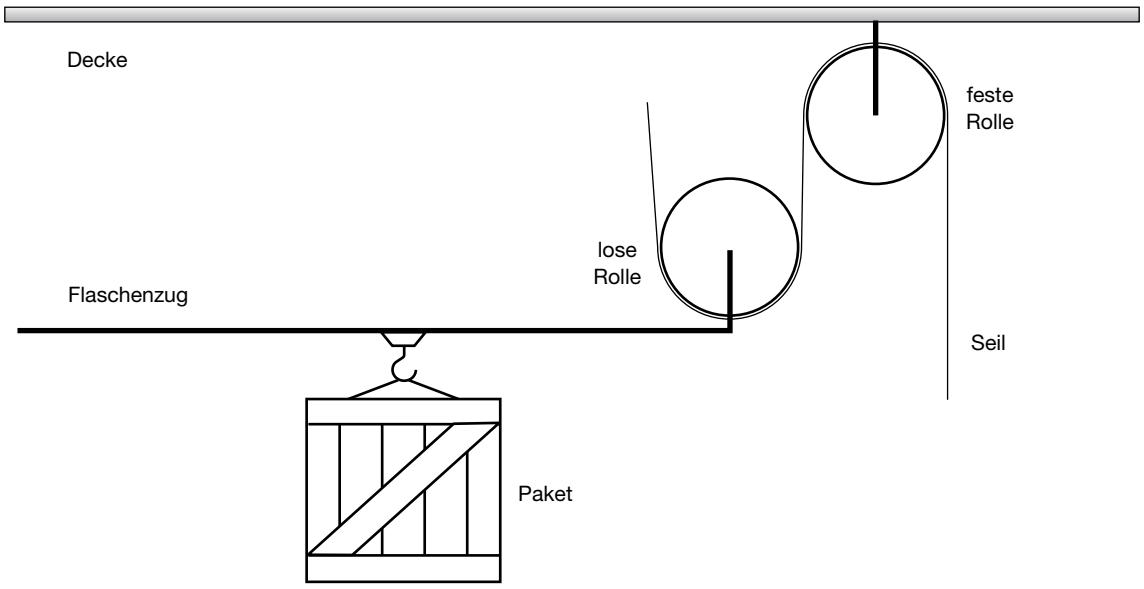
Zusammenfassung, Arbeitsblatt 3.3.2.0

Station 3 – Die einfachste Art, Kraft zu sparen (Station ist zweimal vorhanden)

1. Erkläre den Vorteil einer losen Rolle.

2 In der Zeichnung siehst du ein Paket, das an einem Flaschenzug befestigt ist (untere schwarze Linie). Das Paket soll mit einem Sechstel der Kraft am rechten Ende des Seils angehoben werden. Bisher ist nur eine feste Rolle an der Decke (obere schwarze Linie) und eine lose Rolle am Flaschenzug installiert.

a) Zeichne die Konstruktion mit losen und festen Rollen so fertig, dass du nur ein Sechstel der Kraft aufwenden musst, um das Paket anzuheben.



b) Um ein Wievielfaches vergrößert sich die Strecke, die du am Seil ziehen musst, um das Gewicht anzuheben?

3. Vervollständige folgenden Satz:

Schaltet man bei einem Fahrrad von einem kleinen auf ein größeres Kettenrad lässt sich Kraft sparen, allerdings …

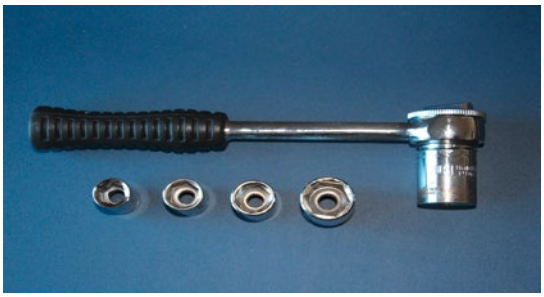
Folie 3.3.1

Diese Folie zeigt verschiedene Geräte und Maschinen. Gib bei jedem Gerät bzw. jeder Maschine an, was mit ihr vergrößert werden soll: Kraft oder Weg bzw. Geschwindigkeit?

1)

2)

3)



4)

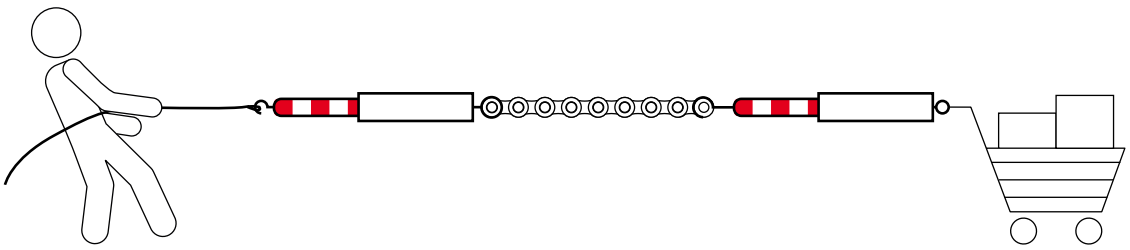
5)

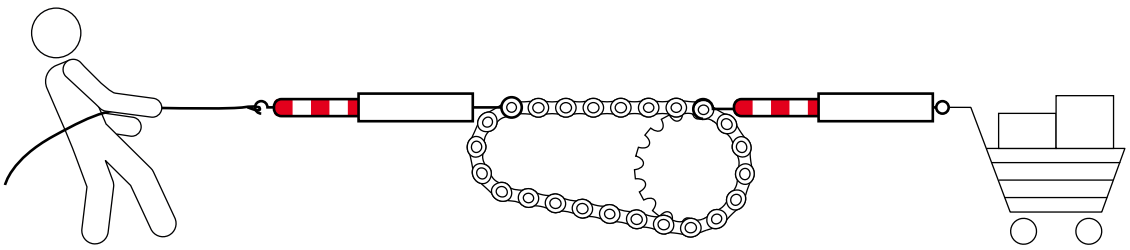
In Ergänzung zu „Das Riemen- oder Kettengetriebe am Fahrrad“ (Station 1) fakultative weiterführende Experimente zu „Verbundene Räder auf unterschiedlichen Achsen: Drehzahlveränderungen mit einem Getriebe“

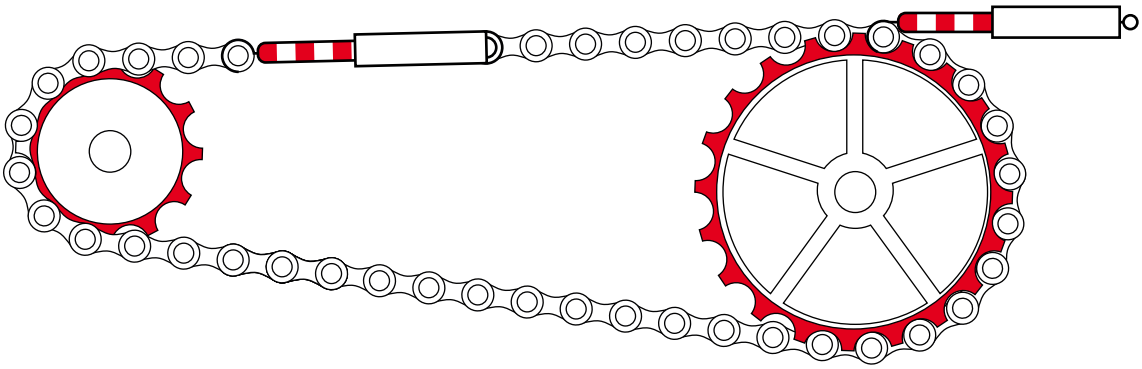
Neben der Kraft und dem Weg (Station 1 mit Aufgaben 1–12) lassen sich in einem Getriebe auch die Drehzahl und das Drehmoment verändern. Hierzu müssen die Räder auf unterschiedlichen Achsen angebracht und mit Zähnen, einem Riemen oder einer Kette verbunden werden.
Mit dem mitgelieferten Riemengetriebe kann auch diese Variante als Schülerversuch durchgeführt werden. Es lassen sich damit die Drehzahlveränderungen im Getriebe erfassen, verstehen und mathematisch beschreiben. Es wird empfohlen, sich auf die Drehzahl zu beschränken, weil das Konzept des Drehmoments für diese Altersstufe zu anspruchsvoll ist.

Folgender Ablauf ist denkbar:

- Lehrkraft baut das Riemengetriebe am Pult auf und lenkt die Aufmerksamkeit auf die unterschiedliche Betrachtung: Räder auf derselben Achse versus Räder auf verschiedenen Achsen. Lehrkraft fragt: „Wenn man die beiden Räder vergleicht, ändern sich ebenfalls die Kraft und der Weg der Räder auf verschiedenen Achsen?“
- Weg kann nachgemessen werden ➔ bleibt gleich!
- Messen der Kraft ist in diesem Fall schwierig. Aber theoretische Überlegung nach der Goldenen Regel der Mechanik: Wenn der Weg gleich bleibt, muss die Kraft auch gleich bleiben. Verdeutlichen lässt sich die Überlegung folgendermaßen: Das antreibende Rad zieht mit einer gewissen Kraft am Riemen und diese Kraft wird direkt auf das andere Rad übertragen. Das ist so, als würde man mit einer Kette einen Wagen ziehen. Die Kraft ist in der Kette auch an jeder Stelle gleich. Siehe die zwei folgenden Skizzen.







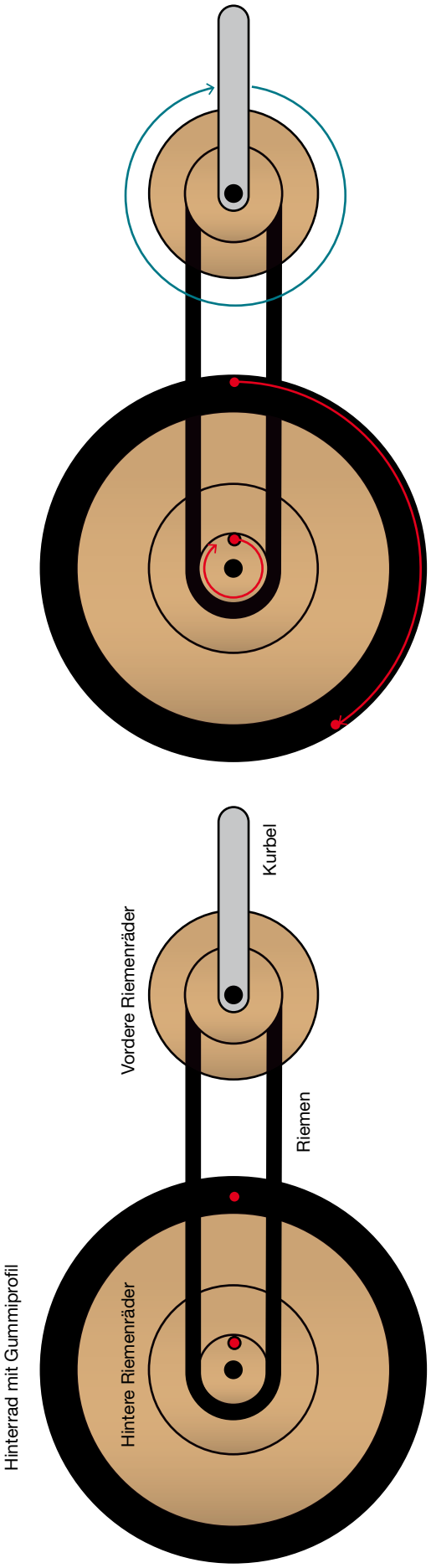
- Frage: Wieso baut man dann Getriebe? Was verändert sich, hat jemand eine Idee?
- Überprüfung in Gruppen an den Riemengetrieben (4 Stück sind in der Kiste vorhanden). Je nach Klassengröße können mit Getrieben z. B. von Fischertechnik (falls vorhanden) oder mit dem hier angegebenen YouTube-Video[1]
  die gleichen Aufgaben bzw. weitere ähnliche in Bezug auf Zahnräder gelöst werden:
  - Zählen und Vergleichen der Umdrehungen der Riemenräder in der gleichen Zeit (Drehzahl) bei Veränderung der Übersetzung (Umlegen der Riemen an die vorderen und hinteren Riemenrädern).
  - Herausfinden einer Gesetzmäßigkeit. Erinnerung an das Hebelgesetz aus Themenbereich 2, Sequenz 1. Wie könnten Drehzahl und Radumfang (Durchmesser, Radius bzw. Anzahl der Zähne) im Verhältnis stehen? Schülerinnen und Schüler mit entsprechender Unterstützung die Gesetzmäßigkeit selber finden lassen.

$$\frac{\text{Drehzahl 1}}{\text{Drehzahl 2}} = \frac{\text{Umfang 1}}{\text{Umfang 2}} \quad <=> \quad \textit{Drehzahl 1} \cdot \textit{Umfang 1} = \textit{Drehzahl 2} \cdot \textit{Umfang 2}$$

  - Statt Umfang lassen sich alternativ Durchmesser, Radius oder Anzahl der Zähne einsetzen.
  - Worin liegt der Unterschied zwischen Riemen- bzw. Kettengetriebe einerseits und Zahnradgetriebe andererseits? ➔ Drehrichtungsumkehr.
- Schülerinnen und Schüler halten das Wichtigste zusammenfassend fest. Es werden Aufgaben bzgl. der Herstellung einer bestimmten Drehzahl gelöst, z. B.: Ein Elektromotor dreht mit 3.600 U/min. An seiner Welle (die Achse, um die der Motor dreht) ist ein Riemenrad mit einem Durchmesser von 7,5 cm angebracht. Du möchtest eine Drehzahl von 9.000 U/min erreichen. Die Drehrichtung soll gleich bleiben. Wie groß muss das mit der Welle verbundene Rad sein? Welche Getriebeform wählst du? ➔ Lösung: 3 cm, Riemen- oder Kettengetriebe.
- Weiterführende Aufgabe: Stimmt das mit deinen Erfahrungen beim Radfahren überein, wenn du vorne auf das kleine Blatt schaltest? Wieso hast du trotzdem das Gefühl, dass du weniger Kraft brauchst? Lösung: Der Hebelunterschied zwischen Pedal und Blatt vergrößert sich durch das Schalten auf das kleine Blatt ➔ Kraft vergrößert sich. Diese vergrößerte Kraft überträgt sich mit der Kette auf das hintere Ritzel und somit auf das Hinterrad.

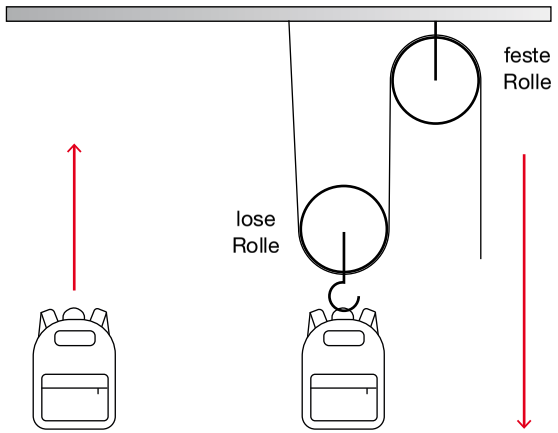
[1] Video auf YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=kmTEs7JQAmQ

Station 1 – Das Riemen- oder Kettengetriebe am Fahrrad

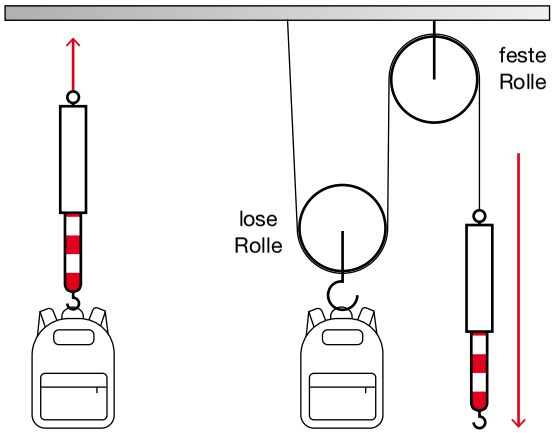


Station 2 a – Mit zwei Rollen Kraft umlenken und Kraft sparen – Flaschenzug

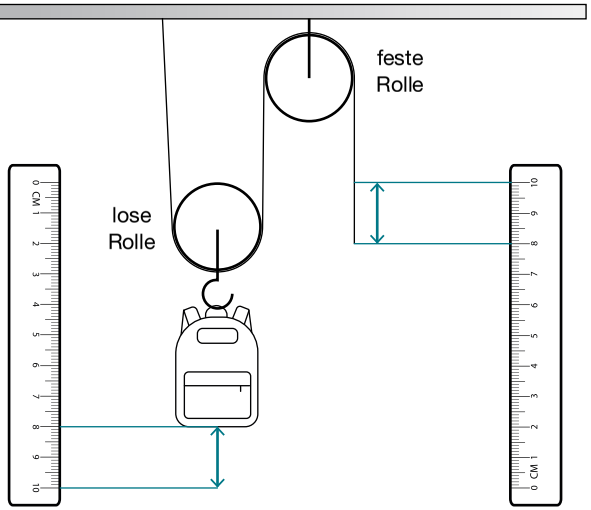
Gefühlte Erleichterung mit einer losen Rolle?



Gemessene Erleichterung mit einer losen Rolle?



Veränderung der Zugstrecke?



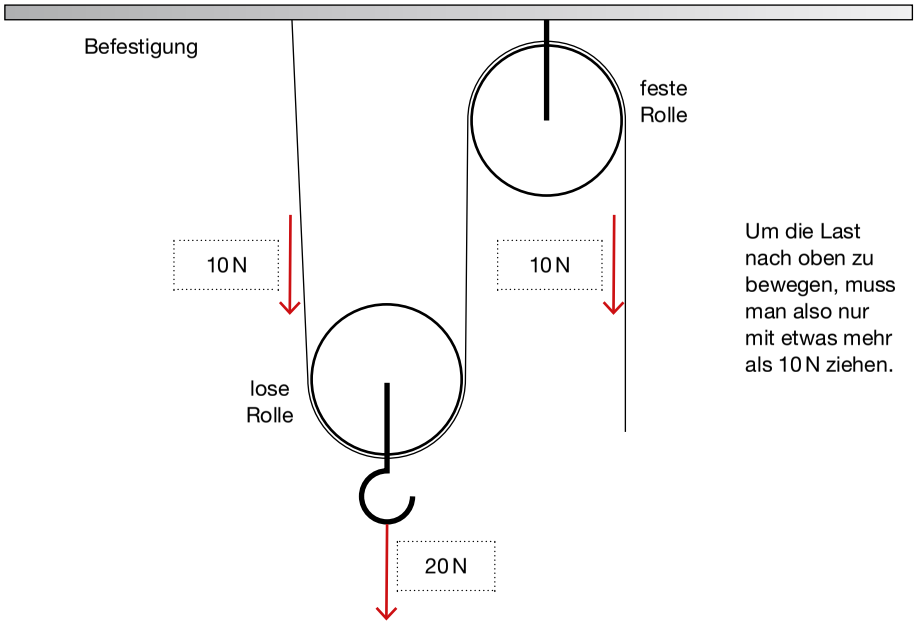
Station 2 b – Wieso Flaschenzüge helfen, Kraft zu sparen

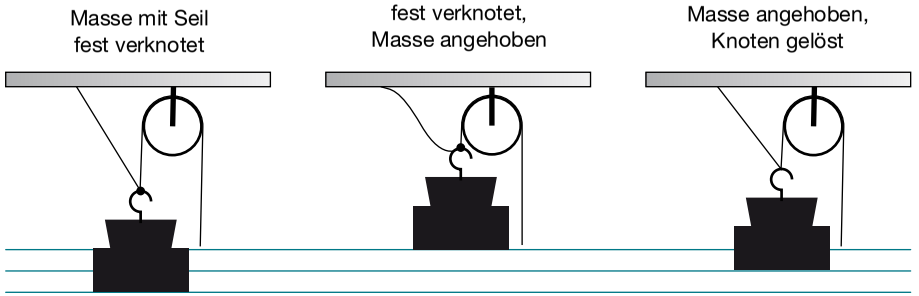
Kraft sparen durch eine Rolle?
Es klingt im ersten Augenblick etwas verrückt: Nur, weil man eine Last an einer losen Rolle befestigt, wird sie beim Hochziehen leichter. Wir wollen uns nochmal genauer anschauen, wieso das so ist. Das Entscheidende dabei ist, dass die Last an zwei verschiedenen Punkten befestigt ist. Deshalb verteilt sich die Gewichtskraft der Last auf zwei Seiten (dargestellt durch die halb so langen Pfeile). Auf der Seite, auf der man zieht, muss man also nur das halbe Gewicht anheben, weil die andere Hälfte an der linken Befestigung von der Decke gehalten wird. Die lose Rolle sorgt dafür, dass die Schnur vom Gewicht immer auf beiden Seiten gleichmäßig gespannt wird, egal, wie hoch sie gezogen wird. Die feste Rolle rechts dient nur dazu, die Kraft umzulenken, eine Verringerung der Kraft findet hier nicht statt.

Aber wieso vergrößert sich der Weg?
Die Goldene Regel der Mechanik sagt ja: Der Weg muss sich vergrößern, wenn wir Kraft einsparen. Aber was genau im Flaschenzug vor sich geht, ist auf den ersten Blick nicht ersichtlich. Deshalb auch hierzu eine kurze Erklärung.

Stell dir zunächst vor, eine Masse wäre mit dem Seil fest verknotet (also ohne Rolle, Bild unten links). In dem Fall würde sich das Gewicht genau gleich weit nach oben bewegen, wie die Strecke, die man an der Schnur zieht (Bild Mitte). Das Seilstück auf der linken Seite wäre nicht fest gespannt, sondern würde durchhängen. Stell dir nun vor, man würde den Knoten leicht öffnen, sodass sich die Masse nun auf dem Seil frei bewegen kann – so wie bei einer losen Rolle. Wohin würde sie sich nun bewegen? Richtig, die halbe Strecke nach unten, bis das Seilstück links festgespannt ist (Bild rechts).

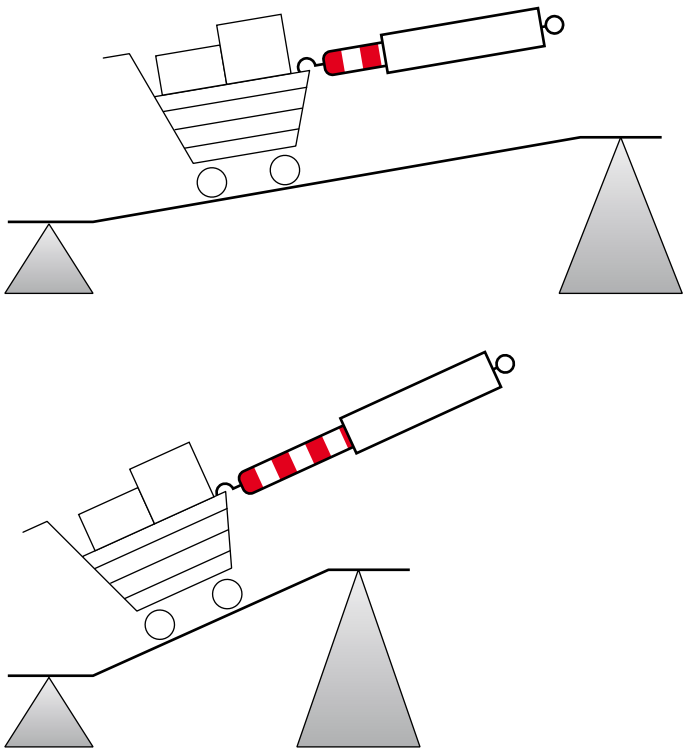
Mit einer losen Rolle rutscht die Masse also jedes Mal, wenn man an der Schnur zieht, gleichzeitig ein Stück nach unten, bis der neue unterste Punkt erreicht ist. Man könnte also sagen, mit dem Gewicht geht es immer zwei Schritte voran und einen zurück. Deshalb muss man mehr Weg zurücklegen, um das Gewicht die gleiche Strecke anzuheben.



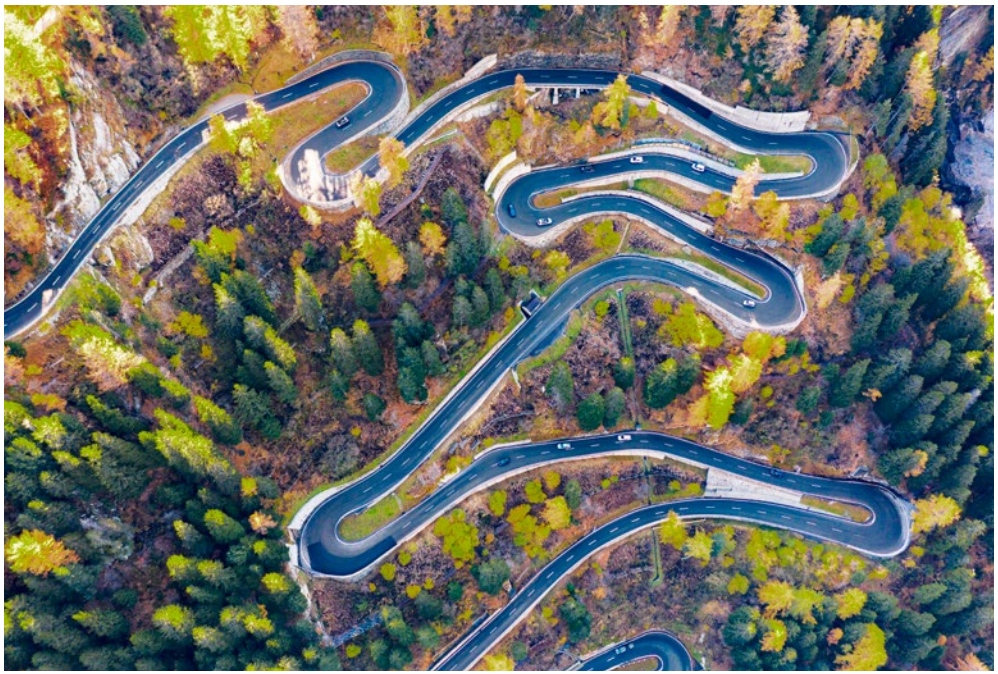


Station 3 – Die einfachste Art, Kraft zu sparen – schiefe Ebene

Versuchsanordnung:



Passstraße in der Schweiz:



6
Anhang

6 Anhang

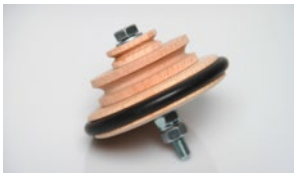
6.1 Inhalte der Materialkisten

Materialkisten für den Sekundarbereich
zum Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*:
Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen.
Simon Rösch und Peter Labudde
Hrsg. von Kornelia Möller 2021

Es gibt insgesamt vier Verpackungskisten.

Position	Anzahl	Gegenstand	Foto
1.	**11**	**Grundplatten**	
2.	**8**	**Seitenteile mit Rad**	
3.	**8**	**Seitenteile ohne Rad**	
4 .	**1**	**Maurerschnur (reißfest)**	
5.	**3**	**Nähfäden**	
6.	**3**	**Wollfäden**	
7.	**11**	**Quader**	
8.	**2**	**Schleifpapiere mit Löchern zum Befestigen**	
9.	**2**	**M4-Schrauben**	

Position	Anzahl	Gegenstand	Foto
10.	**2**	**M4-Ösenschrauben**	
11.	**11**	**Balken**	
12.	**11**	**M8 x 150 Schrauben mit befestigter Ösenschraube**	
13.	**66**	**S-Haken**	
14.	**1**	**Quader mit höherer Masse**	
15.	**1**	**Würfel mit heterogener Masseverteilung**	
16.	**3**	**(Gebogene) Büroklammern** Die Büroklammern sind noch so zu biegen, wie in Abbildung 10 auf Seite 102 dargestellt.	
17.	**1**	**Eingekerbtes Flacheisen**	
18.	**10**	**Nägel**	

Position	Anzahl	Gegenstand	Foto
19.	**10**	**Maßbänder**	
20.	**6**	**Tischklemmen**	
21.	**4**	**Riemenradsätze vorne**	
22.	**4**	**Riemenradsätze hinten**	
23.	**12**	**Rollen**	
24.	**12**	**Karabinerhaken**	
25.	**6**	**Seilstücke**	
26.	**6**	**Antriebsriemen**	

6.2 Zusätzlich benötigte Materialien

Produkt	Bemerkung	Stück-zahl	Themenbereich							
			1			2		3		
			Sequenz							
			1	2	3	1	2	1	2	3
Hörspiel	www.telekom-stiftung.de/minteinander	1	X							
50 g Massestück		11		X						
100 g Massestück		11		X						
200 g Massestück		11		X						
1 kg Massestück	oder 500 g	2		X	X					
Haushaltsgummi	Gummiband	3		X						
Federkraftmesser 2,5 N	oder 1 N oder 2 N	11		X	X		X			
Federkraftmesser 10 N	oder 5 N oder 20 N	11		X	X		X			X
Federkraftmesser 50 N	oder 100 N	6		X						X
Teppichrest	oder Fußabtreter	1			X					
Runder Bleistift	von SuS	10–20			X	X			X	
Trailer „Die Eiskönigin“	www.youtube.com/watch?v=cFllxSYPqsg	1			X					
Radiergummi	oder Ähnliches zum Beschweren, von SuS	10–20				X				
Hammer		1–2						X		
Auflage für das Flacheisen	z. B. Schraube oder Metallwelle	1						X		
Holzblock	zum Nägeleinschlagen	1–2						X		
Flaschenöffner		1–2						X		
Knoblauchpresse		1–2						X		
Nussknacker		1–2						X		
Zange		1–2						X		
Lochzange		1–2						X		
Schraubenschlüssel		1–2						X		
Türklinke		1						X		
Nagelknipser		1						X		
Schere		1						X		
Korkenzieher		1						X		
Schraubenzieher		1						X		
Zwei gleiche Münzen	von SuS	10–20							X	
Lineal oder Geodreieck	von SuS	10–20							X	
Kurzes Brett	ca. 20 cm x 100 cm, z. B. Regalböden	2								X
Langes Brett	ca. 20 cm x 160 cm bis 200 cm, z. B. Regalböden	2								X
Bücher	oder Ähnliches zum Unterlegen	6–8								X

6.3 Literatur

Schulbücher für die Sekundarstufe I und II

Aufschnaiter, C. von & Wodzinski, R. (2013): *Spiralcurriculum Magnetismus (Band 3: Sekundarbereich).* Seelze: Friedrich Verlag.

Baumann, K.; Baumann, S. & Theiler, F. (2010): *Technik begreifen. Arbeitsbuch.* (1. Auflage.) Bern: Schulverlag plus.

Giancoli, D.C. (2010): *Giancoli Physik – Gymnasiale Oberstufe.* (3. Auflage). Halbergmoos: Pearson Deutschland.

Impulse Physik – Mittelstufe. Stuttgart: Ernst Klett Verlag (Klassen 7–10; diverse Ausgaben für verschiedene Bundesländer).

Prisma Physik. Stuttgart: Ernst Klett Verlag (diverse Ausgaben für Haupt- und Realschule, für verschiedene Bundesländer und Schulstufen 4–10).

Rösch, S.; Stübi, C. & Labudde, P. (2019): *MINTeinander lernen – Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken, Band 3: Sekundarbereich.* (2. Auflage.) Braunschweiz: Georg Westermann Verlag.

Stuber, T. (2018): *Technik und Design* (2. Auflage). Bern: hep Verlag.

Ulrich, K. (2010): *Wie funktioniert das? Die Technik.* (6. aktual. Auflage.) Mannheim: Meyer.

Hochschulbücher

Giancoli, D.C. (2009): *Physik – Lehr- und Übungsbuch.* (3. Auflage.) Halbergmoos: Pearson Studium Deutschland.

Meschede, D. (2015): *Gerthsen Physik.* Wiesbaden: Springer Spektrum.

Tipler, P. A. (2019): *Physik.* (8. Auflage.) Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Kompetenzen und Bildungsstandards

EDK, Erziehungsdirektorenkonferenz (2011): *Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften – Nationale Bildungsstandards.* Bern: Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren.

GDSU, Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.) (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht.* (Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe.) Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

KMK, Kultusministerkonferenz (2005): *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss.* Neuwied: Luchterhand. (Analog für die Fächer Biologie und Chemie). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf

VDI, Verein Deutscher Ingenieure (2007): *Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss.* Düsseldorf: VDI.

Fachdidaktische Literatur

Adamina, M.; Kübler, K.; Kalcsics, K.; Bietenhard, S. & Engeli, E. (Hrsg.) (2018): *„Wie ich mir das denke und vorstelle ...". Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft.* Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Biester, W. (Hrsg.) (1991): *Denken über Natur und Technik: Zum Sachunterricht in der Grundschule.* Klinkhardt: Bad Heilbrunn.

Gebhard, U.; Höttecke, D. & Rehm, M. (2017): *Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch.* Wiesbaden: Springer VS.

Höttecke, D. (2010): *Forschend-entdeckender Physikunterricht: Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen.* In: Unterricht Physik, 119, S. 4–14.

Kalcsics, K. & Wilhelm, M. (2017): *Lernwelten Natur – Mensch – Gesellschaft.* Bern: Schulverlag Plus.

Kircher, E.; Girwidz, R. & Fischer, H. E. (Hrsg.) (2020): *Physikdidaktik – Grundlagen.* (4. Auflage.) Wiesbaden: Springer Spektrum.

Labudde, P. & Metzger, S. (Hrsg.) (2019): *Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.–9. Schuljahr*. UTB 3248 (3. Auflage). Bern: Haupt Verlag.

VDI, Verein Deutscher Ingenieure (2015): *Forschen und entwickeln. Natur und Technik aus interdisziplinärer Sicht.* Düsseldorf: VDI.

Vygotsky, L. (1978): *Mind and society: The development of higher psychological processes.* Cambridge.

6.4 Glossar

Actio und Reactio: Die genaue Bezeichnung ist „das Prinzip von Actio und Reactio“ (lateinisch für Aktion und Reaktion). Bezogen auf Kräfte lautet das Prinzip: Wirkt ein Körper A auf einen Körper B mit der Kraft *F*, so wirkt gleichzeitig der Körper B auf den Körper A mit der gleichen, aber entgegengesetzten Kraft *–F*. Beispiel: Drücke ich mit einem Finger mit einer gewissen Kraft *F* auf einen Gegenstand, z. B. auf eine Wand oder auf ein Buch, das ich mit dem Finger über einen Tisch schieben will, so drückt das Buchgleichzeitig umgekehrt auf meinen Finger mit der gleich großen, aber entgegengesetzten Kraft. Man erkennt das daran, dass der Finger je nach Kraft weiß oder rot wird. Synonym für die Bezeichnung „Prinzip von Actio und Reactio“ werden auch die zwei folgenden Begriffe verwendet: Wechselwirkungsprinzip oder Drittes Newton‘sches Axiom.

Drehzahl: Diese Zahl gibt die Anzahl der Umdrehungen je Sekunde oder je Minute an. Ein altes Mühlrad hat typischerweise eine Drehzahl von zwei bis drei Umdrehungen je Minute, ein Benzinautomotor 1.000 bis 4.000 Umdrehungen je Minute. Fast alle Autos besitzen einen Drehzahlmesser, der die Drehzahl des Motors angibt. Die Einheit der Drehzahl lautet „pro Sekunde“ (oder „pro Minute“).

Federkraftmesser: Mit dem Federkraftmesser lassen sich (➔) Kräfte messen. Sie bestehen aus einer Spiralfeder, d. h. einer Feder ähnlich wie die Feder in einem Kugelschreiber oder wie eine Slinky-Feder. Wird an dieser Feder gezogen, z. B. von einer Person oder durch eine angehängte Masse, dehnt sich die Feder aus. Die Ausdehnung ist umso größer, je größer die Kraft ist. Bei doppelter Kraft wird die Ausdehnung doppelt so groß. Auf diese Weise lässt sich eine Kraft bestimmen.

Flaschenzug: Beim Hochziehen oder auch beim horizontalen Ziehen von Lasten kommen häufig Flaschenzüge zum Einsatz. Mit ihnen lässt sich die zum Ziehen benötigte Kraft verringern, dies allerdings auf Kosten des Weges, d. h., es muss länger gezogen werden. Erste Flaschenzüge sind seit ca. 1000 v. Chr. aus Mesopotamien bekannt. Der griechische Philosoph und Universalgelehrte Archimedes entwickelte den sogenannten zusammengesetzten Flaschenzug, der auch jetzt noch zum Einsatz kommt. Flaschenzüge sind nicht wegzudenkende Maschinen und kommen in Baukränen, Fahrstühlen oder Abschleppvorrichtungen zum Einsatz.

Getriebe: Getriebe sind meist Teile von kleineren und größeren „Maschinen“, von Motoren oder von Alltagsgegenständen wie Fahrrad, Uhr oder Küchenmaschine. Die Funktion von Getrieben besteht darin, Bewegungsgrößen wie (➔) Kräfte, Geschwindigkeiten, Wege oder Drehmomente zu verändern, sie also entweder zu vergrößern oder zu verkleinern. Die zu ändernde Bewegung bzw. deren Größen sind oftmals Drehbewegungen, z. B. beim Automotor, beim Fahrrad oder in der Uhr. In Getrieben kommen Zahnräder, Ketten oder Riemen zum Einsatz.

Gewicht: In der Physik auch als (➔) Gewichtskraft bezeichnet. Im Alltag werden Gewicht und (➔) Masse oft synonym gebraucht, in der Physik hingegen haben sie unterschiedliche Bedeutung. Das Gewicht weist – wie alle Kräfte – die Einheit Newton auf, die Masse die Einheit Kilogramm.

Gewichtskraft: In der Sprache der Physik beschreibt die Gewichtskraft (meist kurz als „Gewicht“ bezeichnet), wie stark ein Gegenstand von der Erde angezogen wird. Man spricht daher auch von Erdanziehungskraft. Ursache für die Anziehung ist die Masse der Erde, die auf jede andere (➔) Masse wirkt. So wie die Erde andere Massen anzieht, zieht auch der Mond diese an. Aber aufgepasst: Die Masse eines Körpers ist auf Erde und Mond zwar dieselbe, z. B. ist 1 kg Zucker auch auf dem Mond 1 kg. Aber die Kraft, mit welcher der Zucker vom Mond angezogen wird, beträgt nur ein Sechstel der Gewichtskraft, mit welcher der Zucker auf der Erde angezogen wird. Gewichtskräfte misst man in N (Newton). Auf der Erde erfährt eine Masse von 1 kg eine Gewichtskraft von etwa 10 N.

Goldene Regel der Mechanik: Diese Regel gilt immer, wenn (➔) Kräfte umgeformt werden, z. B. bei Flaschenzug, schiefer Ebene oder Getrieben. In diesen Geräten geht es meist darum, eine aufzubringende Kraft, z. B. zum Heben einer Last, durch eine kleinere Kraft zu ersetzen. Vom Alltag ist uns das bestens vertraut: Statt eine Last eine steile Leiter hinaufzutragen ist es einfacher, die Last auf einer nicht zu steilen Rampe oder Treppe hinaufzutragen. Letzteres benötigt weniger Kraft, dafür aber mehr Weg, d. h., ich muss eine längere Strecke mit der Last zurücklegen. Bereits seit dem Altertum sind derartige Geräte bzw. Einrichtungen bekannt, z. B. Rampen beim Bau der Pyramiden in Ägypten oder Flaschenzüge beim Hausbau im alten Griechenland. Es war aber erst der italienische Naturwissenschaftler Galileo Galilei (1564–1642), der 1594 diese Alltagseinrichtungen und -erfahrungen in einem naturwissen-

schaftlichen Lehrsatz in Worten formulierte: „Was man an Kraft spart, muss man an Weg zulegen." Er nannte diesen Lehrsatz die Goldene Regel der Mechanik.

Hebelgesetz: Archimedes formulierte bereits in der Antike das Hebelgesetz. In seiner einfachsten Form bezieht es sich auf die Balkenwaage. Bei der Balkenwaage werden Last (F_L) und Kraft (F_K) sowie Lastarm (s_L) und Kraftarm (s_K) unterschieden. Das Hebelgesetz beschreibt den Gleichgewichtszustand der Balkenwaage. Das Gleichgewicht tritt ein, wenn gilt:

$$s_K \cdot F_K = s_L \cdot F_L$$

Unterschieden werden ein- und zweiseitige Hebel, je nachdem, ob die Kräfte nur auf der einen Seite oder auf beiden Seiten des Drehpunktes angreifen.

Hypothese: Eine Hypothese (vom Altgriechischen hypóthesis) ist eine Annahme, die auf wohldurchdachten Überlegungen beruht. Sie ist noch nicht bewiesen. Die Hypothese muss aber überprüfbar sein. Die Überprüfung erfolgt anhand der Folgerungen, die aus der Hypothese gezogen werden können. In den Naturwissenschaften werden Hypothesen überprüft. Sie werden entweder bestätigt (verifiziert) oder widerlegt (falsifiziert). Annahmen, die nicht auf wohldurchdachten Überlegungen basieren, werden nur als Vermutungen bezeichnet. In jungen Jahren sind Kinder eher in der Lage, Vermutungen als Hypothesen aufzustellen. Mit zunehmendem Alter stellen sie dann auch Hypothesen auf.

Kraft: Es handelt sich um eine physikalische Größe. Die Abkürzung lautet F nach dem englischen „force". Ihre Einheit ist (➔) Newton (N). In der Physik ist sie definiert als das Produkt von Masse (m) und Beschleunigung (a): $F = m \cdot a$. Jede Kraft weist eine Richtung auf (auf die genaue Unterscheidung zwischen gerichteten und ungerichteten physikalischen Größen wird an dieser Stelle verzichtet). Mechanische Kräfte lassen sich mit (➔) Federkraftmessern messen.

Masse: Die Masse ist eine unveränderliche Eigenschaft eines Gegenstands. Sie wird mit der Einheit kg angegeben. Umgangssprachlich wird sie auch als (➔) Gewicht bezeichnet; dieser umgangssprachliche Begriff ist aus der Perspektive der Physik falsch, denn mit Gewicht bzw. (➔) Gewichtskraft wird in der Physik eine andere Größe bezeichnet. Warum unterscheidet die Physik zwischen Masse und Gewicht? Es gibt in der Physik – weniger hingegen in unserem Lebensalltag – Situationen, in denen zwischen Masse und Gewicht sorgfältig unterschieden werden muss. Ein Astronaut, der auf der Erde eine Masse von 80 kg aufweist, hat diese Masse auch noch im Raumschiff und auch auf dem Mond. Er ist ja immer noch derselbe Mensch. Was aber auf der Erde und auf dem Mond unterschiedlich ist, ist sein Gewicht. Wegen der im Vergleich zur Erde geringeren Anziehungskraft des Mondes weist er auf dem Mond ein Gewicht auf, das sechsmal kleiner ist als auf der Erde.

Newton: Einheit für die physikalische Größe Kraft, benannt nach dem englischen Mathematiker und Naturwissenschaftler Sir Isaac Newton (1642–1726). Die Abkürzung ist N. Eine Masse von 1 kg hat auf der Erde eine Gewichtskraft von ungefähr 10 N, auf dem Mond hingegen eine ca. sechsmal kleinere Gewichtskraft, d. h. ca. 1,6 N.

Reibung: Reibung, auch Reibungskraft oder Friktion genannt, ist eine (➔) Kraft, die zwischen zwei Körpern wirkt, die einander berühren. Wenn wir z. B. einen Schrank auf dem Boden verschieben, tritt zwischen Schrank und Boden Reibung auf. Oder wenn wir Ski fahren oder mit den Langlaufski unterwegs sind, gibt es Reibung zwischen Ski und Schnee. Die Reibung erschwert das Verschieben des Schranks bzw. das Gleiten auf dem Schnee. Sie hängt einerseits von der Masse des Körpers ab, d. h. von der Masse des Schranks bzw. der Masse der Langläuferin, andererseits von der Beschaffenheit der Oberfläche der beteiligten Körper, beim Skilanglauf also von der Unterfläche der Langlaufski sowie von der Schneebeschaffenheit. In vielen Fällen wünscht man sich wenig Reibung: Beim Verschieben des Schranks lässt sich durch Unterlegen von Tüchern oder Fußmatten die Reibung reduzieren, beim Skilanglauf durch Skiwachs. In einigen Fällen wünscht man sich aber durchaus eine hohe Reibung, z. B. beim Fahrrad- oder Autoreifen, denn ohne Reibung zwischen Autoreifen und Straßenbelag würde das Auto in einer Kurve von der Straße abkommen. Genau dies passiert bei Glatteis, welches die Reibung reduziert. Physikalisch betrachtet ist die Reibung eine Kraft, sie wird häufig mit F_R abgekürzt, ihre Einheit ist wie bei allen Kräften das Newton (N).

Schwerpunkt: In den Naturwissenschaften und der Mathematik wird mit dem Schwerpunkt der sogenannte Massenmittelpunkt bezeichnet, alltagssprachlich ließe sich sagen „die Mitte des (➔) Gewichts". Bei einer Holz- oder Eisenkugel oder auch bei einem Holz- oder Kunststoffwürfel liegt der Schwerpunkt genau in der Mitte der Ku-

gel bzw. des Würfels. Beim Menschen liegt der Schwerpunkt ungefähr in der Mitte des Körpers auf der Höhe des Bauchnabels. Trinkgläser weisen oft einen dicken, schweren Boden auf; damit befindet sich der Schwerpunkt des Glases (auch bei gefülltem Glas) relativ weit unten und das Glas steht dadurch stabiler (➔ Stabilität).

Stabilität: Die Stabilität eines Körpers hängt von verschiedenen Faktoren ab, z. B. vom Material und den Bestandteilen eines Körpers, aber auch von der Lage des Körperschwerpunkts. Je tiefer der Schwerpunkt liegt und je direkter sich der Schwerpunkt des Körpers über der Mitte seiner Auflagefläche befindet, desto größer ist seine Stabilität: Ein Turm aus Bauklötzen oder ein Hochhaus, die sich nach oben verjüngen, sind stabiler als solche ohne Verjüngung. Ein (Renn-) Auto, das auch bei hoher Geschwindigkeit nicht aus der Kurve kippen soll, muss einen tiefen Schwerpunkt haben, d. h. wenig Bodenfreiheit.

Wechselwirkungsprinzip ➔ Actio und Reactio.

Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*

Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen

Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 8. Klasse

Herausgeberin: Kornelia Möller

Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*

Das Spiralcurriculum zum Thema *Kräfte und Gleichgewicht* ist bildungsstufenübergreifend für den Kindergarten, die Primarstufe und die Sekundarstufe I (Klassenstufen 6–8) konzipiert. Es zielt darauf ab, die Entwicklung naturwissenschaftlicher und technischer Kompetenzen von Anfang an stufengerecht zu fördern und die Übergänge vom Kindergarten in die Grundschule wie auch von der Grundschule in die Sekundarstufe zu erleichtern.

Neben dem Aufbau fachlicher Kompetenzen steht die systematische Heranführung an das naturwissenschaftliche und technische Arbeiten und Denken im Zentrum des Spiralcurriculums. Verknüpfungen zwischen Natur und Technik erhöhen dabei das Interesse der Lernenden und erleichtern Zugänge zu naturwissenschaftlichen Inhalten. Leitendes Prinzip ist das von pädagogischen Fachkräften bzw. Lehrkräften angemessen begleitete forschende und problemorientierte Lernen.

Stufenspezifische Materialpakete unterstützen die Fachkräfte des Kindergartens sowie die Lehrkräfte darin, die angestrebten Ziele zu erreichen.

Jedes Materialpaket besteht aus

- einem Handbuch für die jeweilige Bildungsstufe und
- dazugehörigen Materialkisten.

Band 3: Sekundarbereich

Das Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* für die Klassenstufen 6 bis 8 umfasst acht Sequenzen im Umfang von insgesamt 14 Stunden, davon zwei Einzel- und sechs Doppelstunden. Sie greifen die in der Primarstufe entwickelten Kompetenzen auf und vertiefen sie. Das Curriculum ist in drei Themenbereiche gegliedert: „Kräfte und ihre Wirkungen“, „Stabilität und Gleichgewicht“, „Kraft sparen durch einfache Maschinen“. In diesen Themenbereichen erarbeiten die Schülerinnen und Schüler u. a. das Messen von Kräften, Vor- und Nachteile von Reibungskräften, das Hebelgesetz, die Goldene Regel der Mechanik, das Tempomachen mittels Hebeln sowie technische Anwendungen. Dabei steht überall und immer der Alltagsbezug im Zentrum, z. B. Kräfte und Geschwindigkeiten im Muskel-Skelettsystem von Mensch und Tier, die Stabilität eines Hochhauses bzw. eines Autos, der Bau der Pyramiden im alten Ägypten, die Kettenschaltung des Fahrrads oder das Getriebe eines Autos. Die Schülerinnen und Schüler entwickeln so ihre in der Grundschule gemachten Erfahrungen zu Kräften und Gleichgewicht weiter.

Das Handbuch enthält strukturierte Arbeitsblätter sowie detaillierte Unterrichtsplanungen, die es auch fachfremd unterrichtenden Lehrkräften ermöglichen, den Unterricht durchzuführen. In den auf den vorgeschlagenen Unterricht abgestimmten Materialkisten befinden sich Experimentiermaterialien für 33 Schülerinnen und Schüler, die meist in Dreier- oder Vierergruppen arbeiten.

Herausgeberin:

Prof. Dr. Kornelia Möller
ist Seniorprofessorin für Didaktik des Sachunterrichts an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.

Die Materialpakete für alle drei Stufen sind erhältlich unter: www.gutwerke.de

Nachfragen unter: kraefte-gleichgewicht@caritas-coesfeld.de

Digitale Versionen aller Handbücher, editierbare Arbeitsblätter des Primar- und Sekundarbereichs sowie deren Lösungen sind zudem auf den Seiten der *Deutsche Telekom Stiftung* abrufbar (www.telekom-stiftung.de/minteinander).

Autoren: Simon Rösch und Peter Labudde

Dr. Simon Rösch
ist Doktor der Naturwissenschafts- und Technikdidaktik an der Fachhochschule Nordwestschweiz.

Prof. Dr. Peter Labudde
ist emeritierter Professor für Naturwissenschaftsdidaktik am Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik der Fachhochschule Nordwestschweiz.