

Spiralcurriculum

Kräfte und Gleichgewicht

Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen

Band 1: Elementarbereich

Band 2: Primarbereich

Band 3: Sekundarbereich

KORNELIA MÖLLER
MAREIKE BOHRMANN
HANS-PETER WYSSEN
ANNA KLEIN
TORBEN WILKE

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

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

Wir danken folgenden Mitarbeitenden und mit uns kooperierenden Lehrkräften für die Mitwirkung an der Entwicklung des Curriculums und der Erstellung des Handbuchs:

Simon Blumenröhr, Julia Delzemich, Mara Flesch, Arne Lambert, Bernhard Lanz, Christina Meiser, Judith Müller, Ingrid Nachtigäller, Elke Thoms, Stefanie von der Lahr und Heike Wessels.

Wir danken den vielen Lehrkräften, die Teile des Curriculums erprobt haben und durch ihre Rückmeldungen zur Optimierung des vorgeschlagenen Unterrichts 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/miteinander).



IMPRESSUM

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

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

Band 2: Primarbereich

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.

Redaktion: Anna Klein, SeitenPlan GmbH

Satz und Layout: SeitenPlan GmbH

Druck: WIRmachenDRUCK GmbH

Printed in Germany

ISBN: 978-3-9813300-6-9

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/minteinander); 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 <i>Kräfte und Gleichgewicht</i>: 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 <i>Kräfte und Gleichgewicht</i> in einem bildungsstufenübergreifenden Curriculum	17
3.1 Das Themenfeld <i>Kräfte und Gleichgewicht</i> 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 <i>Kräfte und Gleichgewicht</i> im Primarbereich	35
4.1 Zum fachlichen Hintergrund	36
4.2 Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern, Lernschwierigkeiten und Lernmöglichkeiten	49
5 Der Unterricht im Primarbereich	53
5.1 Zum Aufbau des Unterrichts	54
5.2 Der Unterricht im Primarbereich – Übersicht	57
5.3 Unterricht Klasse 2/3: Themenbereich „Stabilität und Gleichgewicht“	62
5.3.1 Unterrichtseinheit 1: Wir erforschen, was Gegenstände stabil macht.	62
Sequenz 1: Wir bauen einen stabilen Turm.	62
Sequenz 2: Wir finden heraus, was einen Turm stabil macht.	68
Sequenz 3: Wir entdecken bei Gegenständen aus unserem Alltag, was sie stabil macht.	76
5.3.2 Unterrichtseinheit 2: Wir konstruieren ein Mobile.	85
Sequenz 1: Wir erkunden, wie ein Mobile funktioniert.	85
Sequenz 2: Wir erweitern das Mobile.	90
Sequenz 3: Wir bauen ein Mobile aus Naturmaterialien.	95
5.3.3 Unterrichtseinheit 3: Wir erforschen, wie Figuren balancieren.	99
Sequenz 1: Wir bringen einen Clown zum Balancieren.	99
Sequenz 2: Wir bringen weitere Figuren zum Balancieren. (optional)	105



5.4	Unterricht Klasse 3/4: Themenbereiche „Kräfte und ihre Wirkungen“ sowie „Kraft sparen durch einfache Maschinen (schiefe Ebene, Hebel und Getriebe)“	110
5.4.1	Unterrichtseinheit 1: Wir erkunden, wie Gegenstände bewegt und gebremst werden.	110
	Sequenz 1: Wir bewegen Gegenstände.	110
	Sequenz 2: Wir erkunden, was Gegenstände bremst.	117
	Sequenz 3: Wir finden heraus, wie uns Räder nutzen.	125
	Sequenz 4: Wir bauen Fahrzeuge, die gut rollen.	131
5.4.2	Unterrichtseinheit 2: Wir sparen Kraft mit Rampen.	138
	Sequenz 1: Wir untersuchen unterschiedlich steile Rampen.	138
	Sequenz 2: Wir erproben unterschiedlich steile Rampen in der Turnhalle. (optional)	146
5.4.3	Unterrichtseinheit 3: Wir sparen Kraft mit Hebeln.	151
	Sequenz 1: Wir heben einen Tisch mit Hebeln.	151
	Sequenz 2: Wir untersuchen, wie Hebel bei Gegenständen aus unserem Alltag wirken.	161
5.4.4	Unterrichtseinheit 4: Wir sparen Kraft mit Getrieben.	177
	Sequenz 1: Wir zeichnen ein Fahrrad, das fahren kann.	177
	Sequenz 2: Wir bauen ein Modell eines Kettengetriebes.	182
	Sequenz 3: Wir bauen ein Modell eines Kettengetriebes mit zwei Gängen.	189
	Sequenz 4: Wir erforschen, wie die verschiedenen Gänge wirken.	195
6 Anhang		201
6.1	Inhalte der Materialkisten	202
6.2	Literatur	211
6.3	Glossar	213
6.4	Bildnachweise	217

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

Ein Curriculum vom Kindergarten bis zum Anfangsunterricht des Sekundar- bereichs (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, sprachensible 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 Kräfteersparnis 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 aufge-

listet. 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 023 06 98 01-2900
 Fax 023 06 98 01-2949
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/miteinander

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 023 06 98 01-2900

Fax 023 06 98 01-2949

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/miteinander

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 023 06 98 01-2900

Fax 023 06 98 01-2949

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/miteinander

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 handbetriebenen 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.

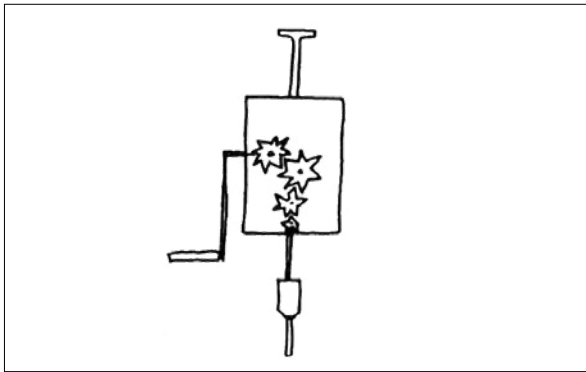


Abb. 1: Zeichnung eines Viertklässlers.

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:

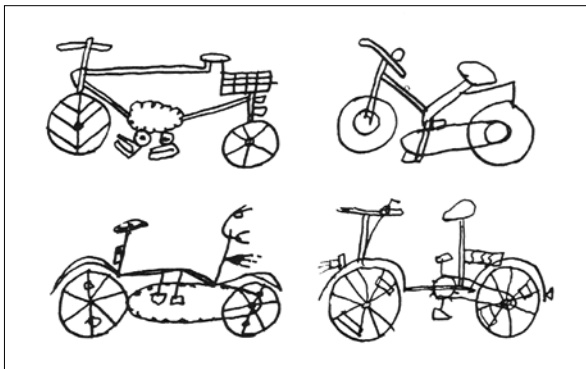


Abb. 2: Zeichnungen von neun- bis zehnjährigen Kindern zur Funktionsweise des Fahrrads (Biester, 1991, S. 51).

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 Schraubendreher 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, Ketten-schaltung 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 Ketenschaltung 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 anspruchsvoll 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.

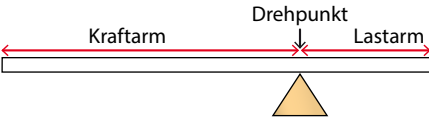
In den Beschreibungen der Sequenzen für die jeweilige Bildungsstufe (vgl. Kap. 5) werden zu Beginn diejenigen Kompetenzen mit dem dazu gehörigen inhaltlichen Wissen explizit aufgelistet, zu deren Entwicklung die jeweilige Sequenz einen Beitrag leisten soll. Dabei wird die Nummerierung der Kompetenzen 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.

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 Niveaustufen³ (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 Primarbereich

4 Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* im Primarbereich

4.1 Zum fachlichen Hintergrund¹

Unterricht in den Klassenstufen 2/3

Stabilität und Gleichgewicht

Unterrichtseinheit 1:

Einen Turm stabil machen und dabei wichtige Prinzipien der Stabilisierung entdecken

Stabilität und Standfestigkeit

Ein Gegenstand ist *stabil*, wenn er trotz einwirkender Kräfte in Ruhelage verbleibt oder nach der Einwirkung der Kräfte wieder in diese zurückgelangt. Die Ruhelage ist gegeben, wenn alle einwirkenden Kräfte im *Gleichgewicht* sind. Zu den potenziell einwirkenden Kräften gehört das Gewicht des Gegenstands, das senkrecht nach unten wirkt, sowie seitlich (z. B. Windkraft) oder weitere senkrecht nach unten einwirkende Kräfte (z. B. Lasten auf einer Brückenfahrbahn).

Im Unterricht geht es zunächst um die *Standfestigkeit*. Damit ist gemeint, dass ein Gegenstand trotz einwirkender Kräfte stabil stehen bleibt. Das ist der Fall, wenn Gegenstände bei der Einwirkung von Kräften nicht umkippen, d. h. aus ihrer stabilen Lage nicht „herausfallen“. Nicht nur technische Objekte, wie Häuser, Türme, Fahnenmasten, Sonnenschirme, müssen standfest sein – auch Bäume sollten einem Sturm trotzen können. Menschen müssen ebenfalls um ihre Standfestigkeit besorgt sein, wenn sie z. B. über eine stark schwankende Brücke gehen oder auf steilen Bergpfaden unterwegs sind.

Wie erreicht man nun, dass Gegenstände, auch Türme, möglichst standfest sind?

- Unsere Alltagserfahrung sagt uns, dass Gegenstände standfester sind, wenn sie unten „schwer“ sind. Das kennen wir vom Wäscheständer, der unten mit Steinen gesichert wird, vom Sonnenschirm, dessen Fuß mit Wasser oder Sand beschwert wird (s. Abb. 1a), und von der Vase draußen auf dem Tisch, die wir vorsichtshalber noch mit Steinen befüllen.
- Eine höhere Standfestigkeit erreichen wir auch, wenn wir die Standfläche von Gegenständen vergrößern: So garantiert ein Tisch mit größerem Fuß eine höhere Standfestigkeit (s. Abb. 1b)

und die Standfestigkeit von Denkmälern wird oft durch einen breiten Sockel sichergestellt.

- Dieselbe Funktion haben Stützen, wie beim Notenständer (s. Abb. 1c), beim Fahrrad und beim Autokran; sie vergrößern ebenfalls die Standfläche. Auch wir Menschen stehen stabiler, wenn wir unsere Beine spreizen (s. Abb. 1d) oder beim Wandern Stöcke benutzen.

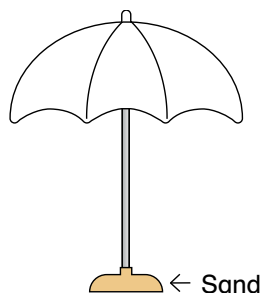


Abb. 1a, 1b, 1c und 1d: Standfestigkeit durch viel Gewicht unten, eine breite Standfläche, Stützen und gespreizte Beine.

Die Bedeutung des Schwerpunkts

Woran liegt es nun, dass eine größere Standfläche und mehr Gewicht unten zu höherer Standfestigkeit und damit zu mehr Stabilität führen? Verantwortlich hierfür ist die *Lage des Schwerpunkts* eines Gegenstands.

Jeder Gegenstand hat einen *Schwerpunkt* – das ist sozusagen die „Mitte“ seiner Masse (seines „Gewichts“²). Der Schwerpunkt einer Eisenkugel liegt genau in der Mitte der Kugel, bei einem gleichmäßigen Holzquader liegt dieser ebenfalls in der Mitte. Beim Menschen befindet sich der Schwerpunkt etwa in Höhe des Bauchnabels. Ist die Masse eines Gegenstands nach unten hin größer, so „verschiebt sich“ der Schwerpunkt nach unten.

¹ An Kap. 4 hat Peter Labudde mitgewirkt. Eine ausführlichere Darstellung der physikalischen Grundlagen des Themenfelds *Kräfte und Gleichgewicht* befindet sich im Band 3 des MINTeiner-Spiralcurriculums *Kräfte und Gleichgewicht* (Sekundarbereich) von Simon Rösch und Peter Labudde (dort ebenfalls Kap. 4).

² Im vorliegenden Text wird auf die physikalische Unterscheidung zwischen Masse und Gewicht nicht weiter eingegangen (vgl. dazu das Glossar in Kap. 6.3).

Die Standfestigkeit eines Gegenstands – und damit auch seine Stabilität – hängt davon ab, wo sich der Schwerpunkt des Gegenstands im Verhältnis zu seiner Standfläche befindet.

Stabil ist ein Gegenstand nur dann, wenn der Schwerpunkt über der Auflagefläche liegt. Dann kippt der Gegenstand, z. B. ein mobiles Verkehrsschild, nicht um (s. Abb. 2a). Er kippt erst dann, wenn der Schwerpunkt nicht mehr über der Auflagefläche liegt (s. Abb. 2b).

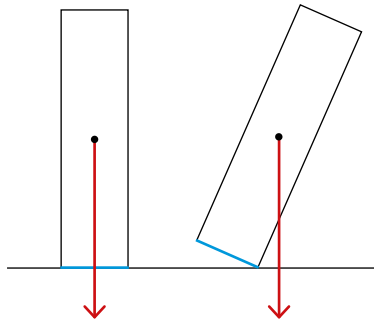


Abb. 2a und 2b: Standfester Turm und kippender Turm.

Macht man den Gegenstand unten schwerer, „wandert“ der Schwerpunkt im Gegenstand weiter nach unten: Der Schwerpunkt liegt auch bei starker Auslenkung dann noch über der Standfläche (s. Abb. 2c). Vergrößert man die Standfläche (s. Abb. 2d), wird das Umkippen ebenfalls verhindert. Auch durch Stützen wird die Standfläche vergrößert – die Standfläche besteht dann aus der Fläche zwischen den Stützen (s. Abb. 2e). Ein Gegenstand mit einem tiefen Schwerpunkt, einer großen Standfläche oder mit zusätzlichen Stützen kann daher stärker ausgelenkt werden, ohne dass er umkippt.

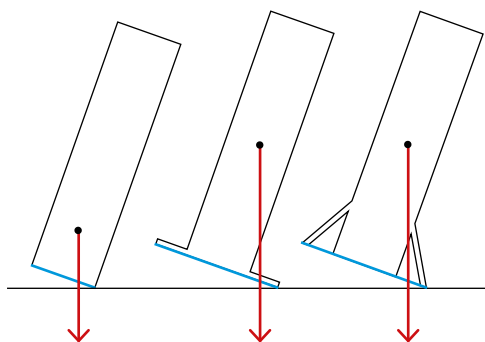


Abb. 2c, 2d und 2e: Turm mit tieferem Schwerpunkt, mit größerer Standfläche, mit Stützen.

Der Unterricht zur Stabilität

Im Unterricht finden die Schülerinnen und Schüler durch Ausprobieren, technische Experimente und Beobachtung heraus (Klasse 2/3: Unterrichtseinheit 1, Sequenzen 1–3),

- dass ein Turm stabiler gegen Seitenwind ist,
 - wenn man ihn unten schwerer macht,
 - wenn man seine Standfläche vergrößert,
- dass Stützen ebenfalls zur Verbesserung der Stabilität beitragen und
- dass diese drei Prinzipien viele Alltagsgegenstände vor dem Umkippen schützen.

Damit entdecken die Schülerinnen und Schüler wichtige und im Alltag überall erkennbare technische Prinzipien zur Stabilisierung von Gegenständen. Zugleich machen sie erste intuitive Erfahrungen zur Verschiebung des Schwerpunkts und seiner Lage im Verhältnis zur Standfläche, die in der Sekundarstufe aufgegriffen werden.

Unterrichtseinheit 2:

Das Mobile – auf dem Weg zum Hebelgesetz

Das Mobile: Ein Hebel im Gleichgewicht

Ein Mobile besteht zunächst aus einem Stab, der an einem *Drehpunkt* aufgehängt ist und sich möglichst in einer *waagerechten Lage* im Gleichgewicht befindet. Wird ein Gegenstand an einer Seite des Mobilestabs (des Hebels) befestigt, so wird dieser aus seiner Gleichgewichtslage gebracht – auf der Seite, an der das Gewicht hängt, kippt der Stab herunter.

Um wieder ein Gleichgewicht herzustellen, muss auch die andere Seite des Mobilestabs durch ein Gewicht beschwert werden. Ist das Gewicht auf beiden Seiten „gut“ verteilt, so lässt sich der Mobilestab wieder in eine waagerechte Lage bringen (s. Abb. 3a).

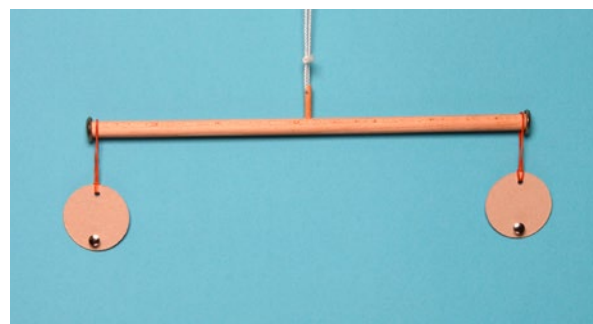


Abb. 3a: Das Mobile – ein zweiseitiger Hebel mit Drehpunkt.

Verdoppelt man das Gewicht auf der einen Seite, so muss dieses Gewicht zur Mitte dieser Seite hin verschoben werden (s. Abb. 3b). Bei einer Verdreifung des Gewichts muss die entsprechende Seite gedrittelt werden (s. Abb. 3c).

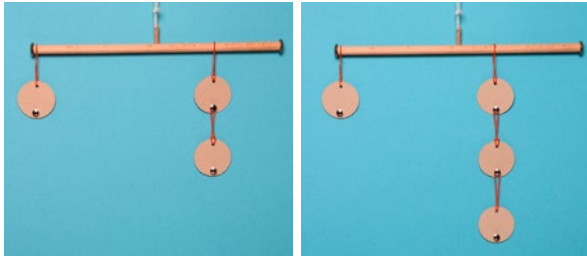


Abb. 3b und 3c: Veränderung von Last und Hebelarm beim Mobile.

Das Hebelgesetz

Das *Hebelgesetz* ist in der Technik und in den Naturwissenschaften von grundlegender Bedeutung, weil viele mechanische Zusammenhänge entsprechend funktionieren. Einfach ausgedrückt lautet es:

Kraftarm mal Kraft ist gleich Lastarm mal Last.

Bei Hebeln wie dem Mobile, der Wippe und der Waage ist nicht entscheidend, wo der Last- und wo der Kraftarm ist. Entscheidend ist, dass die beiden Produkte aus Hebellänge und den daran wirkenden Kräften gleich groß sind. Dann befindet sich der Hebel in einer waagerechten Lage im Gleichgewicht.

Die Produkte aus Kraft und Kraftarm bzw. Last und Lastarm werden auch als *Drehmomente* bezeichnet – man sagt dann auch:

Ein Hebel, der sich um einen Drehpunkt bewegt, ist im Gleichgewicht, wenn die Drehmomente auf beiden Seiten gleich groß sind.

Das Thema „Gleichgewicht“ im Unterricht

Am Beispiel des Mobiles erfahren die Schülerinnen und Schüler, wie sie Gleichgewicht an einem zweiseitigen Hebel herstellen können, indem sie selbst Gegenstände an verschiedenen Stellen der Hebelarme befestigen.

Die Schülerinnen und Schüler probieren, ihren Mobilestab auch mit mehr als zwei Scheiben in eine möglichst waagerechte Lage zu bringen und machen so erste Erfahrungen zum Hebelgesetz. Dabei bringen sie den entdeckten Zusammenhang mit einer Je-desto-Formulierung qualitativ zum Ausdruck:

- **Je mehr Gewicht ich an einen Arm des Stabs hänge, desto näher muss ich das Gewicht zum Drehpunkt des Stabs schieben, damit der Stab waagerecht hängt.**

Die Schülerinnen und Schüler probieren auch aus, wie sie das Mobile mit mehr als einer Etage und mit fünf Scheiben ausstatten können (s. Abb. 4a und 4b). Die dazu erforderlichen Materialien befinden sich für bis zu 32 Schülerinnen und Schüler in der Materialkiste. Zum Abschluss gestalten sie ein eigenes Mobile aus Naturmaterialien und nutzen dabei ihre erworbenen Kompetenzen.

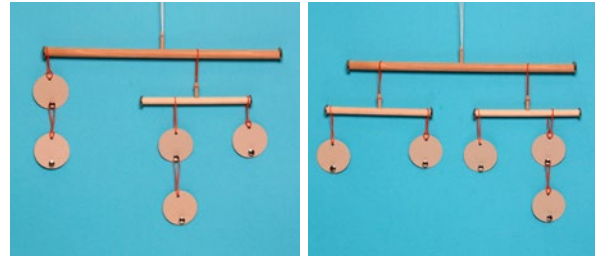


Abb. 4a und 4b: Mobiles mit mehr als einer Etage.

Vertieft werden kann das Verständnis von Gleichgewicht beim Hebel, indem die Schülerinnen und Schüler weitere Hebel betrachten, z. B. die Wippe auf dem Spielplatz. So kann ein leichteres Kind mit einem schwereren Kind wippen, wenn sich dieses auf der Wippe weiter nach vorne bewegt, der entsprechende Hebelarm dadurch also kürzer wird (s. Abb. 5).



Abb. 5: Das Hebelgesetz bei der Wippe – ein Experiment auf dem Schulhof.

In der Grundschule beschränken wir uns darauf, das Hebelgesetz in seiner qualitativen Form zu beschreiben (z. B.: Wenn wir den einen Arm kürzer machen, müssen wir mehr Gewicht dranhängen); in der Sekundarstufe werden die Schülerinnen und Schüler das Hebelgesetz dann in seiner quantitativen Formulierung kennenlernen.

Unterrichtseinheit 3:

Stabiles Gleichgewicht bei balancierenden Figuren herstellen

Stabilität und Schwerpunkt

Viele Schülerinnen und Schüler haben schon erfahren, dass sie beim Sitzen auf einem Balken oder einem Baumstamm aufpassen müssen, dass ihr Körper im Gleichgewicht bleibt und sie nicht herunterfallen. Was aber macht Körper oder andere Gegenstände, die beweglich auf einer Stange, einem Balken o. Ä. sitzen, so stabil, dass sie nicht herunterfallen?

Ein schönes Beispiel dafür ist ein auf einem Seil sitzender Clown. Sobald man ihn loslässt, fällt er vom Seil. Ein anderer, gleich aussehender Clown, sitzt ruhig auf dem Seil (s. Abb. 6).



Abb. 6: Der im Gleichgewicht balancierende Clown mit markiertem Drehpunkt.

Auch hier ist die Lage des Schwerpunkts entscheidend. Liegt dieser über dem Drehpunkt der Figur, so ist das Drehmoment des oberen Teils der Figur größer als das unter dem Drehpunkt liegende Drehmoment – die Figur kippt vom Seil. Beschwert man aber – für die Schülerinnen und Schüler im Unterricht zunächst nicht erkennbar – die Füße durch ein verdecktes, zusätzliches Gewicht, „rutscht“ der Schwerpunkt der Figur unter den Drehpunkt. Dadurch wird das unter dem Drehpunkt liegende Drehmoment größer als das obere. Die Figur bleibt sitzen. Ist das Gewicht auf beiden Seiten gut verteilt, sitzt die Figur aufrecht (mit waagerechten Armen) auf dem Seil.

Auch die balancierende Figur in Abbildung 7 macht sich dieses Prinzip zunutze: Sie steht mit einer Beinspitze auf einem Podest, ohne herunterzufallen, weil die langen, beschwerten Enden der Stange den Schwerpunkt nach unten verschieben.



Abb. 7: Balancierende Figur – ihr Schwerpunkt liegt unter dem Drehpunkt.

Balancierfiguren im Unterricht

Nachdem die Schülerinnen und Schüler den balancierenden Clown näher untersucht haben, vermuten sie, dass man den Clown unten schwerer machen muss, um ihn zum Sitzen zu bringen. Um ihre Vermutung zu überprüfen, befestigen sie verschiedene Gewichte an beiden Beinen des Clowns (s. Abb. 8).



Abb. 8: Mit Knete wird der Schwerpunkt nach unten verlagert.

Sie erkennen:

- **Ich kann den Clown ins Gleichgewicht bringen, indem ich ihn unterhalb des Drehpunkts auf beiden Seiten schwerer mache.**
- **Damit er mit waagerecht ausgestreckten Armen sitzt, muss das Gewicht auf beiden Seiten gleich verteilt sein.**

Auch asymmetrische Figuren, z. B. einen Papagei und eine Katze, kann man nach dem gleichen Prinzip (unter dem Drehpunkt schwerer machen) zum Balancieren bringen (s. Abb. 9). Die Aufgabe herauszufinden, an welchem Punkt die Figur im Gleichgewicht auf dem Seil sitzen kann, ist motivierend und herausfordernd zugleich.

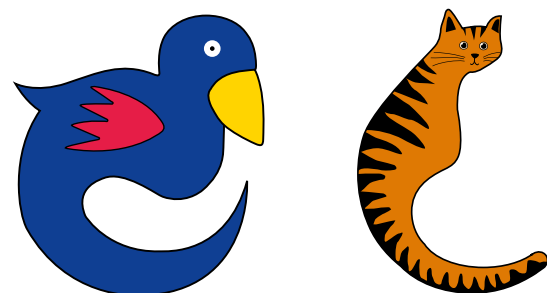


Abb. 9: Auch solche Figuren lassen sich auf einem Seil zum Balancieren bringen (siehe Kopiervorlage im Anlagenband).

Unterricht in den Klassenstufen 3/4

Kräfte und ihre Wirkungen

Unterrichtseinheit 1:

Was ist Kraft und was bewirkt sie?

Der Begriff „Kraft“

Im Alltag verwenden wir das Wort „Kraft“ sehr vielfältig, z. B. Sehkraft, ein kräftiges Gewürz, Muskelkraft, Zauberkraft, kraftlos sein. In der Naturwissenschaft, genauer in der Mechanik, zu der das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* gehört, wird der Begriff nur dann verwendet, wenn zwei Körper aufeinander wirken. 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 Kind formt einen Teig zu einem Brot oder zu Plätzchen. In all diesen Situationen treten – auch im physikalischen Sinn – *Kräfte* auf.

Kräfte treten immer paarweise auf: Drücke ich z. B. mit dem Daumen auf einen Gegenstand, drückt der Gegenstand umgekehrt auf meinen Daumen. Das erkennt man gut daran, dass der Daumen rot anläuft (wenn ich sehr stark drücke).

Kräfte können wir an ihren Wirkungen erkennen. Dabei lassen sich zwei Wirkungen unterscheiden. Die eine besteht darin, dass sich die Bewegung eines Körpers verändert; er wird schneller oder langsamer oder er ändert die Bewegungsrichtung. Die andere Wirkung der Kraft besteht darin, dass ein Gegenstand verformt wird, er wird z. B. eingedrückt, in die Länge gezogen oder in eine ganz andere Form gebracht (ein Kind verformt eine Kugel aus Knetmasse zu einem Würfel).

Das Thema „Kraft“ im Unterricht

Im Grundschulunterricht geht es uns nicht darum, dass die Schülerinnen und Schüler die physikalisch richtige Definition der Kraft erlernen (das gelingt auch vielen Erwachsenen nicht). Vielmehr sollen sie aufgrund eigener Erprobungen erfahren, dass man

- **Kraft benötigt, um einen Gegenstand, z. B. einen Ball, in Bewegung zu versetzen,**
- **Kraft benötigt, um einen Gegenstand, der sich bewegt, zu stoppen und**
- **bei schweren Gegenständen mehr Kraft benötigt als bei leichten.**

Auch das Gegeneinanderwirken von zwei Kräften wird thematisiert: Wenn zwei Parteien mit gleicher

Kraft in entgegengesetzten Richtungen an einem Seil ziehen, bewegt sich dieses nicht. Zieht eine Seite stärker, so bewegt sich das Seil in Richtung der stärker ziehenden Kraft. Mit Symbolen zeichnen die Schülerinnen und Schüler die Wirkung der beiden gegeneinander wirkenden Kräfte auf (s. Abb. 10).

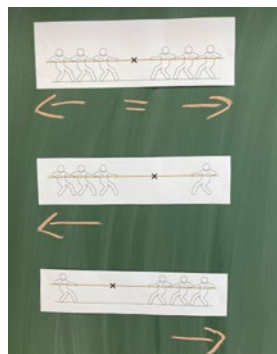


Abb 10: Zwei Kräfte wirken entgegengesetzt – was passiert?

Die Reibungskraft – erwünscht und unerwünscht

Ein Beispiel für wirkende Kräfte ist die *Reibungskraft*. Sie entsteht, wenn ein Gegenstand über eine Fläche bewegt wird. Sie ist der Bewegung des Gegenstands entgegengesetzt und bremst diesen ab.

Reibung kann in einem Fall erwünscht und im anderen Fall unerwünscht sein. Schieben wir z. B. ein Möbelstück über den Boden, so erschwert die Reibung das Schieben. Ein glattes Tuch unter dem Möbelstück vermindert die Reibung und das Schieben kostet weniger Kraft. Ein Eisschnellläufer schleift seine Kufen so glatt, dass beim Gleiten über das Eis möglichst wenig Reibung entsteht. Fährt ein Pkw über glatte Straßen, so ist Reibung dagegen erwünscht – spezielle Winterreifen erhöhen die Reibung zwischen Fahrbahn und Rädern, sodass der Wagen nicht ins Schleudern kommt. Gäbe es keine Reibung zwischen unseren Füßen und dem Untergrund, könnten wir uns nicht vorwärtsbewegen.

Alle diese Beispiele thematisieren die sog. Gleitreibung³, die während des Bewegens von Gegenständen über einen Untergrund entsteht.

Physikalisch ist die Stärke der Reibung von den sich reibenden Gegenständen bzw. Untergründen abhängig. So haben Materialien verschiedene Reibungskoeffizienten, die in die Berechnung der Reibung eingehen. Metall hat z. B. einen sehr geringen Reibungskoeffizienten. Das wird bei Kugellagern genutzt, um so wenig Reibung wie möglich zu erzeugen (s. Abb. 11).

³ Die Gleitreibung unterscheidet sich von einer weiteren Form der Reibung, der sogenannten *Haftreibung*. Haftreibung entsteht, wenn man einen Gegenstand aus der Ruhelage in Bewegung versetzt. Diese Unterscheidung wird erst im Sekundarbereich thematisiert. Die Haftreibung ist uns aber aus dem Alltag gut bekannt: Zu Beginn muss beim Schieben mehr Kraft aufgewendet werden, weil der Gegenstand am Untergrund „haftet“ – ist dieses Haften erst überwunden, ist nur noch der weniger starken (Gleit-)Reibung entgegenzuwirken.



Abb. 11: Das Kugellager am Hinterrad des Fahrrads.

Wie lässt sich die Reibung vermindern? Von der Rolle zum Rad

Vermindern lässt sich die Gleitreibung dadurch, dass man z. B. beim Verschieben von schweren Möbelstücken Rollen unter die Möbel legt und das Möbelstück über diese Rollen hinwegbewegt. Die dabei hervorgerufene Art von Reibung wird *Rollreibung* genannt. Sie ist wesentlich geringer als die Gleitreibung, da hier zwei Oberflächen gegeneinander abrollen und nicht gegeneinander verschoben werden.

Das Thema „Reibung“ im Unterricht

Die Schülerinnen und Schüler lernen die Wirkung der Reibungskraft kennen, indem sie einen Puck in Bewegung versetzen, der nach einer Weile zum Stillstand kommt. Was ist das für eine Kraft, die den Puck gebremst hat? Durch Überlegen finden die Schülerinnen und Schüler heraus, dass der Puck gebremst wird, weil er sich mit dem Boden reibt.

Sie untersuchen anschließend, wie sich unterschiedliche Untergründe im Klassenraum und draußen verschieden stark mit einem Holzstück reiben, wenn man dieses in Bewegung versetzt. Sie beobachten: Es gibt Untergründe, die das Holzstück stark bremsen, und solche, die es weniger stark bremsen. Für die Kraft, die den Puck und das Holzstück bremst, wird das Wort „Reibung“ eingeführt.

Ein technisches Experiment macht den Zusammenhang zwischen der Beschaffenheit des Untergrunds und der Reibungskraft deutlich (s. Abb. 12).



Abb. 12: Ein Puck rutscht auf einer glatten und einer rauen Rampe herunter. Auf der rauen Rampe wird er abgebremst und bleibt liegen, auf der glatten Rampe rutscht er bis unten.

Die Schülerinnen und Schüler formulieren als Erkenntnis:

- **Je glatter der Untergrund ist, desto geringer ist die Reibung.**
- **Je rauer der Untergrund ist, desto größer ist die Reibung.**

Die Erfindung des Rads im Unterricht

Die Verminderung der Reibung durch untergelegte Rollen erleben die Schülerinnen und Schüler, indem sie einen schweren Wasserkasten o.Ä. mithilfe rollender Gymnastikstäbe vorwärtsbewegen und die aufzuwendende Kraft mit der vergleichen, die notwendig ist, wenn man den Kasten über den Boden schiebt (s. Abb. 13).

Den Unterschied zwischen dem Prinzip der Rollreibung und der Gleitreibung vollziehen die Schülerinnen und Schüler im Unterricht an einem Modell nach, indem sie das Übereinander-Rollen und das Gegeneinander-Gleiten genau beobachten und zeichnerisch darstellen.



Abb. 13: Über Rollen lässt sich ein schwerer Kasten leichter verschieben.

Was die Schülerinnen und Schüler hierbei erfahren, wurde bereits von den Ägyptern beim Bau der Pyramiden genutzt. So konnten diese schwere Steinblöcke über Rampen nach oben auf die Pyramide schieben (s. Abb. 14).

Das Rollen auf Stäben brachte bereits eine große Kraftersparnis beim Schieben mit sich – allerdings war es doch sehr umständlich, sich immer zu bücken und die Rollen von hinten wieder nach vorne unter die zu bewegende Last zu legen.

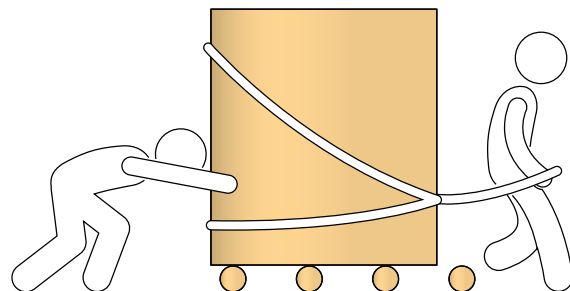


Abb. 14: So könnten die Ägypter Lasten transportiert haben.

Eine entscheidende Verbesserung brachte die Erfindung des Rads, eine der wichtigsten Erfindungen der Menschheit. Zunächst nutzten die Menschen einfache Holzscheiben, dann mit Eisen beschlagene Holzspeichenräder, bis schließlich unsere heutigen Räder mit luftgefüllten Gummireifen erfunden wurden.

Verband man die Räder mit einer Achse, die in einer Halterung unter einer Grundplatte befestigt war, entstand ein einfacher Wagen für den Transport, der z. B. von Pferden gezogen wurde. Es gab solche Wagen schon weit vor Christi Geburt (s. Abb. 15).



Abb. 15: Ein ägyptischer Streitwagen (Relief von Amarna, Ägypten, ca. 1345–1335 v. Chr., Metropolitan Museum of Art, New York).

Im Unterricht vollziehen die Schülerinnen und Schüler diese Entwicklungsschritte nach und lernen so die großartige Erfindung des Rads kennen. Wie bedeutsam die Erfindung des Rads war, kann im Unterricht leicht thematisiert werden, indem man die Frage stellt: Was wäre, wenn es keine Räder gäbe?

Zum Abschluss der Unterrichtseinheit zu Kraft und Reibung erhalten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, ein Fahrzeug aus Alltagsmaterialien zu bauen, das möglichst wenig Reibung aufweist und gut rollt. Das Hauptaugenmerk gilt der Befestigung der Räder und der Vermeidung von unnötiger Reibung.

Der Vergleich der Fahrzeuge zeigt, dass sie besser rollen, wenn

- die Achsen möglichst parallel zueinander stehen,
- sich die Räder auf den Achsen leicht, also mit wenig Reibung, bewegen lassen (wenn das Rad beweglich auf der Achse aufgesteckt ist),
- sich die Achsen in den Achsenhalterungen mit wenig Reibung gut drehen und
- sich die Räder des Fahrzeugs nicht am Fahrzeuggestell reiben.

Unterrichtseinheiten 2, 3 und 4:

Kraft sparen durch Rampen, Hebel und Getriebe

Eine der ebenfalls sehr wichtigen Erfindungen in der Menschheitsgeschichte waren *einfache Maschinen*, mit denen die bei einer Arbeit einzusetzende Kraft

verändert werden kann. Einige von ihnen gab es schon weit vor Christi Geburt. Was versteht man unter einer einfachen Maschine?

Eine einfache Maschine ist ein Werkzeug, das zur Umwandlung einer Kraft dient, um diese möglichst zweckmäßig zur Verrichtung von Arbeit einzusetzen. Beispiele für einfache Maschinen sind das Seil, der Hebel, die Rolle (das Rad) und die schiefe Ebene (Keil), wie sie in irgendeiner Kombination in fast jeder Kraftmaschine vorkommen.

In unserem Curriculum lernen die Schülerinnen und Schüler drei einfache Maschinen kennen, denen sie im Alltag häufig begegnen: die Rampe (die schiefe Ebene), den Hebel und das Rädergetriebe. In allen drei Fällen geht es darum, durch den Einsatz von technischen Elementen *Kraft zu sparen*. Die Erkenntnis, dass man dabei *mehr Weg* in Kauf nehmen muss, ist ein wichtiges Ziel der Unterrichtseinheiten 2, 3 und 4.

Unterrichtseinheit 2:

Kraft sparen durch eine Rampe (schiefe Ebene)

Die Rampe

Wird eine Last nicht senkrecht nach oben gehievt, sondern über eine schräg ansteigende Rampe nach oben gezogen, kann Kraft gespart werden. Allerdings muss man dabei einen längeren Weg in Kauf nehmen.

Rampen kamen und kommen beim Bauen und Transportieren immer wieder zum Einsatz: Beim Bau der Pyramiden wurden große, schwere Steinquadern auf Rampen schräg hinaufgezogen (unter Zuhilfenahme von Rollen unter den Quadern) (s. Abb. 16). Beim Hausbau nutzen Maurerinnen und Maurer eine Rampe, um mit der Schubkarre Baumaterial nach oben zu transportieren; beim Be- und Entladen von Fahrzeugen werden ebenfalls häufig Rampen benutzt (s. Abb. 17)

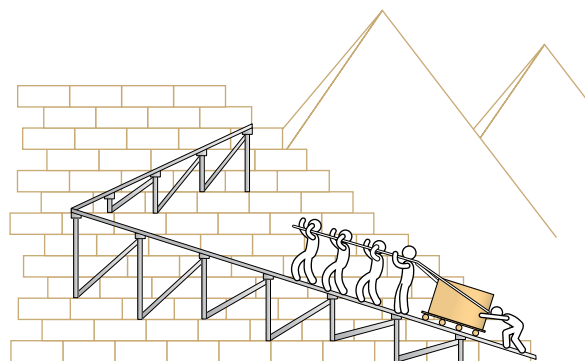


Abb. 16: So könnten die Ägypter Rampen beim Pyramidenbau genutzt haben.



Abb. 17: Auf einer Rampe ist weniger Kraft notwendig, um etwas nach oben zu befördern.

Das Thema „Rampen“ im Unterricht

Der Unterricht beginnt mit der Frage, welche Rampe die Schülerinnen und Schüler für das Hochziehen eines Handwagens nutzen würden – eine kurze, mittlere oder lange Rampe? Die Schülerinnen und Schüler überprüfen ihre Vermutungen, indem sie mit ihren Händen versuchen zu spüren, auf welcher Rampe mehr Kraft aufgewendet werden muss (s. Abb. 18).

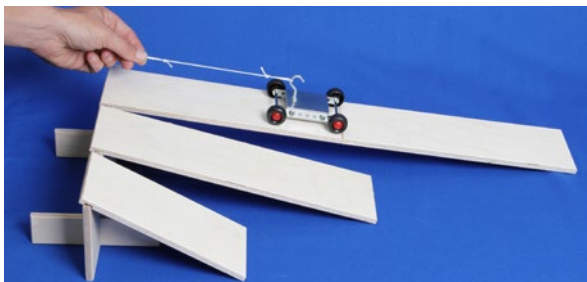


Abb. 18: Die Schülerinnen und Schüler spüren nacheinander, wie viel Kraft notwendig ist, um den Wagen nach oben zu ziehen.

Sie merken, dass es schwierig ist, die Kraft genau zu vergleichen. Ein technisches Experiment, bei dem die Kraft „gemessen“ wird, hilft weiter: Befestigt man den Wagen an einer Feder und bewegt den Wagen jeweils vorsichtig nach oben, gibt die Ausdehnung der Feder an, wie viel Kraft aufgewendet wird. Für den Vergleich kann die Ausdehnung mit einem Lineal gemessen werden (s. Abb. 19).

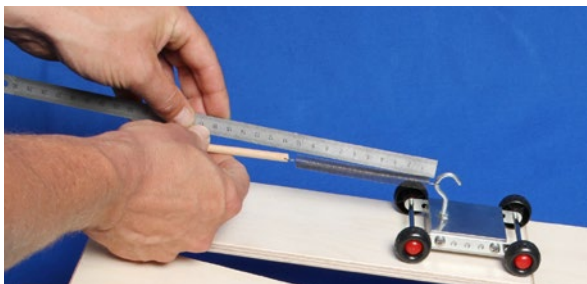


Abb. 19: Bei der flachen Rampe wird die Feder am wenigsten ausgedehnt.

„Erkauft“ wird die Kraftersparnis damit, dass die sehr flache Rampe am längsten ist, das Ziehen also über eine längere Strecke erfolgen muss.

Die Schülerinnen und Schüler formulieren wieder mit Je-desto-Sätzen:

- **Je steiler die Rampe ist, desto mehr Kraft brauche ich und desto kürzer ist der Weg.**
- **Je flacher die Rampe ist, desto weniger Kraft brauche ich und desto länger ist der Weg.**

Die gewonnenen Erkenntnisse wenden die Schülerinnen und Schüler bei der Betrachtung verschiedener Alltagssituationen an, z. B. bei Rampen für Rollstuhlfahrer und bei der Auswahl von Wegen in den Bergen (s. Abb. 20).

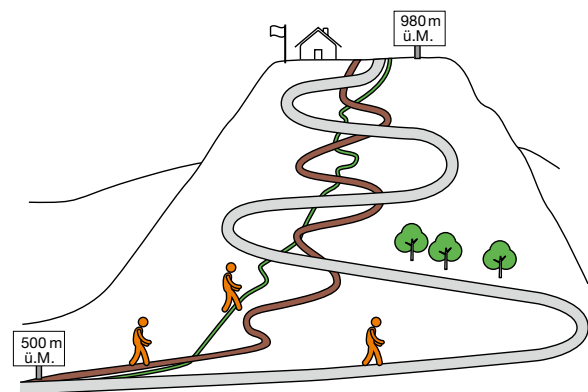


Abb. 20: Auf welchem Weg brauchst du am meisten Kraft, um nach oben zu kommen?

In einer Sportstunde können die Erfahrungen vertieft werden. So lässt sich beim Hochziehen eines Korbs mit schweren Bällen auf zwei verschiedenen steilen Rampen erspüren, dass auf der steileren Rampe zwar der Weg kürzer ist, aber deutlich mehr Kraft aufgewendet werden muss (s. Abb. 21a und 21b).



Abb. 21a und 21b: Ein Kind zieht einen Korb mit Bällen über unterschiedlich steile Rampen nach oben.

Unterrichtseinheit 3: Kraft sparen mit Hebeln

Die beim Stabilisieren der Mobiles und der Balancierfiguren gewonnenen Erkenntnisse zu Gleichgewicht und Hebelgesetz lassen sich anhand vieler Alltagsbeispiele erweitern und vertiefen. In dieser Unterrichtseinheit geht es dabei nicht mehr um Gleichgewichtszustände (Hebel in Ruhe), sondern um Hebel, mit denen *Kraft eingespart* werden soll (Hebel in Bewegung).

Hebel in Bewegung

Alle Hebel weisen einen *Drehpunkt* sowie je einen *Last-* und einen *Kraftarm* auf. Zu unterscheiden sind *einseitige* und *zweiseitige* Hebel.

Beim einseitigen Hebel liegen Kraft- und Lastarm auf derselben Seite des Drehpunkts (z. B. Schraubenschlüssel, Türklinke, Schubkarre, Flaschenöffner, Nussknacker) (s. Abb. 22).

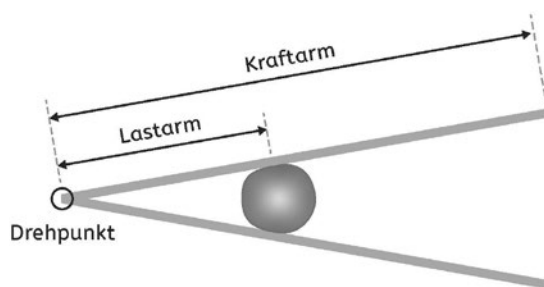


Abb. 22: Einseitiger Hebel.

Beim zweiseitigen Hebel wirken die Kräfte auf den sich gegenüberliegenden Seiten des Drehpunkts. Kraft- und Lastarm liegen einander gegenüber (z. B. Zange, Schere, Wippe, Balkenwaage) (s. Abb. 23).

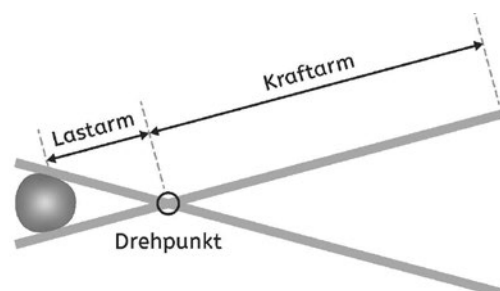


Abb. 23: Zweiseitiger Hebel.

Beispiel 1 Kneifzange (s. Abb. 24): 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 an den Enden der beiden langen Kraftarme zusammendrücke, übe ich bei den beiden kurzen Lastarmen (den Zangen) eine große Kraft aus.

Beispiel 2 Nussknacker (s. Abb. 25): 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 zusammengedrückt wird. Drücke ich den Nussknacker an den Enden des Kraftarms zusammen, kann ich eine große Kraft auf die Nuss ausüben.

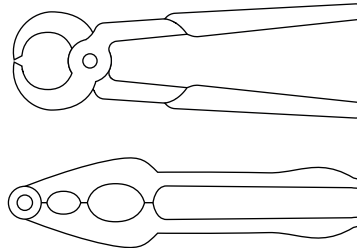


Abb. 24 und 25: Kraft sparen mit Kneifzange und Nussknacker.

Mit Zange und Nussknacker kann ich also Kraft einsparen: Wenn der Kraftarm wie bei der abgebildeten Zange ungefähr viermal länger ist als der Lastarm, muss ich mit meinen Händen mit einer Kraft von 10 Newton drücken, um auf der anderen Seite des Drehpunkts 40 Newton zu erzeugen. Ich „spare“ also viel Kraft, in diesem Fall 30 Newton.

Hinter der Kraftersparnis steckt das *Hebelgesetz*:

Kraft mal Kraftarm ist gleich Last mal Lastarm.

Ein längerer Kraftarm hat also eine geringere einzusetzende Kraft zur Folge.

Die Goldene Regel der Mechanik

Wie schon bei der Rampe gilt auch bei Hebeln in Bewegung: Die Kraftersparnis erkaufe ich mir mit einem längeren Weg. Je länger z. B. die Kraftarme der Zange sind, desto mehr Kraft kann ich sparen, aber desto länger ist der Weg, mit dem ich sie zusammendrücken muss.

Die Goldene Regel der Mechanik ergibt sich aus dem Hebelgesetz: Wird auf der einen Seite des Gleichheitszeichens die Kraft verkleinert („gespart“), muss – damit das Gesetz immer noch gültig ist – der Kraftarm auf der gleichen Seite (und damit der Weg) verlängert werden.

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 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.

Der kraftsparende Hebel und die Goldene Regel der Mechanik im Unterricht

Im Unterricht thematisieren wir zunächst den zweiseitigen Hebel, da er für die Schülerinnen und Schüler wegen des unterscheidbaren Kraft- und Lastarms leichter verständlich ist.

Die Lehrkraft berichtet, dass Archimedes entdeckte, dass er mithilfe eines Hebels schwere Steine leichter hochheben kann. Diese Hebelkraft sollen die Schülerinnen und Schüler am Beispiel eines hochzuhebenden Tisches selbst erfahren. Dazu dreht die Lehrkraft einen Tisch um (Tischplatte auf dem Boden, Tischbeine ragen in die Höhe) und schiebt zwei Unterlegthölzer zwischen Tischplatte und Boden. Vor dem Tisch liegen zwei Hebel, mit je gleich langen Lastarmen, aber unterschiedlich langen Kraftarmen. Die Lastarme werden soweit wie möglich unter den Tisch geschoben (s. Abb. 26).



Abb. 26: Einen Tisch mit Hebeln anheben.

Die Schülerinnen und Schüler testen die Wirkung der Hebel, indem sie den Tisch nacheinander mit dem längeren und dem kürzeren Hebel (Kraftarm) anheben. Ein Kind steht auf der anderen Seite des Tisches und sorgt mit dem Fuß dafür, dass der Tisch beim Anheben nicht wegrutscht. Die Schülerinnen und Schüler stellen fest, dass sie beim längeren Kraftarm (der langen „Stange“) weniger Kraft aufwenden müssen. Unterstützt von der Lehrkraft formulieren die Schülerinnen und Schüler Je-desto-Sätze:

- **Je länger der Kraftarm, desto weniger Kraft brauche ich.**
- **Je kürzer der Kraftarm, desto mehr Kraft brauche ich.**

Damit beide Hebel den Tisch gleich weit hochheben und die Schülerinnen und Schüler die dafür aufgewendete Kraft vergleichen können, legt die Lehrkraft unter den Hebel mit dem kurzen Kraftarm einen Holzklötz, der dessen Hubhöhe begrenzt, sodass die Hubhöhe beider Hebel identisch ist. Nun betätigen die Schülerinnen und Schüler nacheinander den langen und den kurzen Hebel. Die Lehrkraft zeigt mit einem kurzen und einem langen „Holzstreifen“ die Strecke zwischen Boden bzw. Holzklötz und „An-

fass-Punkt“ und damit den Weg, den die Hand beim Hochhebeln jeweils zurücklegen muss (s. Abb. 27). Damit macht sie deutlich, dass der Weg ihrer Hand beim kurzen Kraftarm kürzer ist als der Weg beim langen Kraftarm.



Abb. 27: Die senkrechten „Holzstreifen“ zeigen die Wege der Hand beim kurzen und beim langen Kraftarm.

Die Schülerinnen und Schüler fassen die Ergebnisse mit Unterstützung der Lehrkraft zusammen:

- **Bei einem langen Kraftarm brauche ich weniger Kraft, habe aber einen längeren Weg.**
 - **Bei einem kurzen Kraftarm brauche ich mehr Kraft, habe aber einen kürzeren Weg.**
- Oder (als Differenzierung):
- **Je länger der Kraftarm, desto weniger Kraft brauche ich und desto länger ist der Weg.**
 - **Je kürzer der Kraftarm, desto mehr Kraft brauche ich und desto kürzer ist der Weg.**

In einer weiteren Sequenz lernen die Schülerinnen und Schüler an verschiedenen Stationen die kraftsparende Wirkung von ein- und zweiseitigen Hebeln im Alltag kennen (Kneifzange, Locher, Wäscheklammer, Tür- und Fenstergriffe, aufgeklappte Seitentafel u. a.). Dabei identifizieren sie jeweils den Kraftarm und den Drehpunkt des Hebels. Bildkarten zeigen weitere Alltagshelfer und ermuntern die Schülerinnen und Schüler, nach Hebeln im Alltag zu suchen.

Unterrichtseinheit 4:

Kraft sparen mit Getrieben: Das Fahrradgetriebe

Auch mit Getrieben lässt sich Kraft sparen – das erfahren die Schülerinnen und Schüler in der letzten Unterrichtseinheit am Beispiel eines Alltagsgegenstands, der ihnen sehr vertraut ist: dem Fahrrad – genauer dem Fahrradgetriebe.

Was versteht man unter Getrieben?

Getriebe dienen im Allgemeinen der Übertragung und Umformung von Bewegungen und/oder Kräften. Sie sind Teil einer Maschine und beinhalten in der Regel ein Antriebselement, auf das eine Kraft einwirkt, Elemente, durch welche die Kraft und/oder die Bewegung weitergeleitet bzw. umgeformt wird, sowie einen Abtrieb mit dem Wirkteil (vgl. Ullrich &

Klante 1994). Typische Elemente von Getrieben sind z. B. Zahnräder, Riemenscheiben, Zahnstangen oder Schneckengetriebe.

Für Kinder interessante Getriebe sind solche, die für sie einsehbar sind bzw. die von ihnen in ihrer Funktion erschlossen werden können. Hierzu gehören z. B.

- die Salatschleuder mit einem direkt ineinandergreifenden Rädergetriebe – genauer handelt es sich hierbei um ein Planetengetriebe, bei dem ein innen liegendes Zahnrad in ein anderes Zahnrad eingreift,
- das Handrührgerät, ebenfalls ein Rädergetriebe, wobei das obere Stirnzahnrad in ein Kegelzahnrad eingreift,
- die Handbohrmaschine, ebenfalls ein Rädergetriebe mit Kegelzahnrad und Drehebeneänderung (s. Abb. 28) sowie
- das Karussell und das Fahrrad (beide zählen zu den Zugmittelgetrieben – hier sind zwei (Zahn-) Räder durch einen Riemen (Karussell) bzw. eine Kette (Fahrrad) miteinander verbunden).



Abb. 28: Die handbetriebene Bohrmaschine mit Übersetzung „ins Schnelle“ (d. h. mit Erhöhung der Drehzahl).

Übersetzungsverhältnisse beim Getriebe

Der Zweck von Rädergetrieben ist die Veränderung von Drehzahlen (der Drehgeschwindigkeiten). Wird z. B. eine Bewegung von einem großen über ein kleines Zahnrad zum Wirkteil (z. B. dem Rührstab) weitergeleitet, so dreht sich das kleine Zahnrad bei einer Umdrehung des großen Zahnrads öfter herum – die Drehzahl und damit auch die Drehgeschwindigkeit steigen.

Ein Beispiel: Hat das große Zahnrad 40 Zähne und das kleine Zahnrad 10 Zähne (oder hat das große Zahnrad einen Durchmesser von 5 cm und das kleine einen von 1,25 cm), dreht sich der Abtrieb viermal so schnell wie der Antrieb. Man sagt: Das Übersetzungsverhältnis beträgt dann 1:4.

Eine solche Drehzahlsteigerung ist z. B. beim Handrührgerät, bei der Salatschleuder und bei der Handbohrmaschine (s. Abb. 28) sinnvoll – der eingespannte Bohrer soll sich deutlich schneller drehen als das an der Handkurbel befestigte Zahnrad.

Übersetzungen, bei denen die Drehzahl bzw. -geschwindigkeit erhöht wird, bezeichnet man als *Über-*

setzung ins Schnelle. Übersetzungen ins Langsame (z. B. bei der handbetriebenen Brotschneidemaschine) übertragen dagegen die Bewegung von einem kleineren zu einem größeren Rad (s. Abb. 29).

Übersetzung ins Schnelle	Übersetzung ins Langsame
 Antriebsrad: 40 Zähne (d = 5 cm) Abtriebsrad: 10 Zähne (d = 1,25 cm) Eine Umdrehung des Antriebsrades bewirkt vier Umdrehungen des Abtriebsrades. Übersetzungsverhältnis: 1:4	 Antriebsrad: 20 Zähne (d = 2,5 cm) Abtriebsrad: 40 Zähne (d = 5 cm) Eine Umdrehung des Antriebsrades bewirkt eine halbe Umdrehung des Abtriebsrades. Übersetzungsverhältnis: 2:1

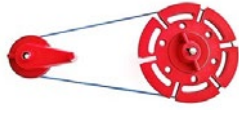
Übersetzung ins Schnelle	Übersetzung ins Langsame
 Antriebsrad: d = 5 cm Abtriebsrad: d = 2,5 cm Eine Umdrehung des Antriebsrades bewirkt zwei Umdrehungen des Abtriebsrades Übersetzungsverhältnis: 1:2	 Antriebsrad: d = 2,5 cm Abtriebsrad: d = 5 cm Eine Umdrehung des Antriebsrades bewirkt eine halbe Umdrehung des Abtriebsrades. Übersetzungsverhältnis: 2:1

Abb. 29: Beispiele für Übersetzungen bei Zahnrad- und Zugmittelgetrieben (aus Dölle 2021, S. 165).

Das Kettengetriebe beim Fahrrad

Das Kettengetriebe des Fahrrads besteht aus den Kurbeln mit den Pedalen, mindestens einem Zahnrad vorne (an den Pedalen), mindestens einem Zahnrad hinten (am Hinterrad), einer Kette, welche die Zahnräder miteinander verbindet, und dem Hinterrad. Die Kraft überträgt sich in dieser Reihenfolge von den Pedalen auf das vordere, meist größere Zahnrad über die Kette auf das hintere, meist kleinere Zahnrad. Von hier wird die Kraft über eine Achse auf das Hinterrad übertragen. Sofern ein größeres Zahnrad ein kleineres antreibt, wie es meistens der Fall ist, dreht sich das Hinterrad schneller als die Pedale. Beim Fahrrad handelt es sich daher in der Regel um eine Übersetzung ins Schnelle.

Ausnahme sind Mountainbikes, bei denen eine Übersetzung ins Langsame sinnvoll ist – das Hinterrad dreht sich dabei langsamer als die Pedale.

Die Kettengangschaftung und die Goldene Regel der Mechanik

Fahrräder mit *Kettengangschaftung* sind mit Zahnradern unterschiedlicher Größe ausgestattet. Mithilfe eines Umlegers wird die Kette sowohl beim vorderen als auch beim hinteren Zahnkranz von einem Zahnrad auf das andere versetzt. Entsprechend den genutzten Zahnradern verändert sich das Übersetzungsverhältnis: Verbindet man das größte Zahnrad an der Tretkurbel mit dem kleinsten Zahnrad am Hinterrad, so hat man den größten Gang eingestellt.

Bergab oder auf ebener Strecke eignet sich ein großer Gang mit großem Übersetzungsverhältnis: Bei einer Umdrehung der Tretkurbel dreht sich das Hinterrad mehrmals und das Fahrrad legt einen sehr weiten Weg zurück. Im Vergleich zum kleinen Gang sind weniger Umdrehungen der Tretkurbel erforderlich, um eine bestimmte Strecke zurückzulegen. Dafür braucht es aber viel Kraft zum Antrieb der Pedale.

Bergauf dagegen eignet sich ein kleiner Gang, das Übersetzungsverhältnis wird kleiner, d. h. die Kette sitzt auf einem großen vorderen und einem nur etwas kleineren hinteren Zahnrad. Dadurch ist für eine bestimmte Strecke im Vergleich zum großen Gang ein häufigeres Treten erforderlich, wobei allerdings weniger Kraft zum Antrieb der Pedale eingesetzt werden muss.

Beim Mountainbike haben wir sogar eine Übersetzung ins Langsame – ich komme nur langsam den Berg hinauf und muss sehr oft treten, spare aber Kraft.

Die Goldene Regel der Mechanik gilt also auch beim Fahrradgetriebe: Möchte ich mit einem kleinen Gang Kraft sparen, muss ich mit meinen Füßen beim Treten mehr Umdrehungen (also einen längeren Weg) zurücklegen. Setze ich in einem großen Gang mehr Kraft ein, ist der Weg, den meine Füße beim Treten zurücklegen, kürzer. Auch beim Fahrrad kann ich also Kraft sparen, indem ich einen längeren Weg in Kauf nehme.

Das Kettengetriebe des Fahrrads im Unterricht

Der Unterricht startet mit der Betrachtung einer Blackbox: Das Kettengetriebe ist dabei verdeckt (s. Abb. 30).



Abb. 30: Ein Fahrrad mit verdecktem Getriebe.

Die Schülerinnen und Schüler sollen zunächst ein Fahrrad zeichnen, das fahren kann. Die angefertigten Zeichnungen unterscheiden sich stark, wie ein Vergleich zeigt (vgl. Kap. 4.2).

Nachdem die Lehrkraft erste Bezeichnungen für Teile des Fahrrads (Pedal, Kette, Zahnrad, Vorder- und Hinterrad) eingeführt hat, dreht sie das Pedal am Fahrrad einmal herum und lässt die Schülerinnen und Schüler beobachten, was dabei mit dem Hinterrad passiert: Das Hinterrad dreht sich schneller als das Pedal.

Verfügt die Schule über technische Baukästen (z. B. Fischertechnik, Legotechnik), können die Schülerinnen und Schüler nun ein Modell eines Fahrradgetriebes bauen, das eine Übersetzung ins Schnelle zeigt (s. Abb. 31). Anschließend wird die Blackbox des Fahrrads geöffnet und das Getriebe mit dem Funktionszusammenhang analysiert.

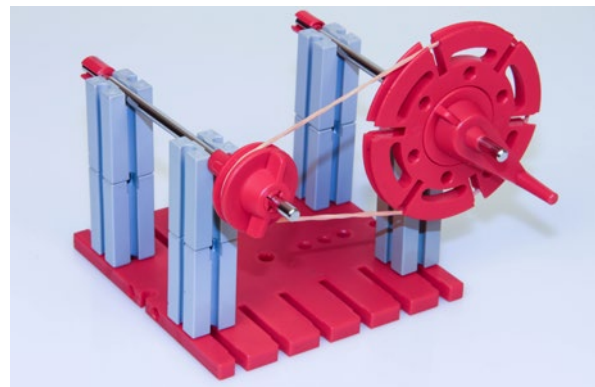


Abb. 31: Das Modell eines Ein-Gang-Fahrradgetriebes (aus: Bertelmann & Möller 2017, S. 10).

Nun kann auch die Funktion der Gangschaltung thematisiert und – falls möglich – ebenfalls im Modell dargestellt werden (s. Abb. 32).

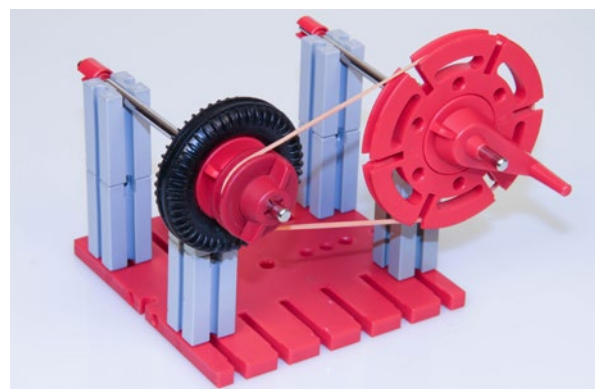


Abb. 32: Ein Fahrradgetriebe mit mehr als einem Gang: Der Gang mit der größeren Übersetzung nutzt das kleine rote Zahnrad am Abtrieb; der Gang mit der kleineren Übersetzung nutzt das schwarze Rad am Abtrieb (aus: Bertelmann & Möller 2017, S. 10).

In einem letzten Schritt testen die Schülerinnen und Schüler die verschiedenen Gänge auf dem Schulhof und beobachten die Unterschiede beim Fahren in einem großen und einem kleinen Gang.

Abschließend halten sie – unterstützt durch Sprachkarten – als Ergebnis für den größeren Gang (entsprechend für einen kleineren Gang) fest:

- **Je größer der Gang ist, desto häufiger dreht sich das Hinterrad bei einer Umdrehung der Pedale.**

- **Je größer der Gang ist, desto weiter komme ich, wenn ich einmal trete.**

Und:

- **Im großen Gang brauche ich mehr Kraft, dafür muss ich die Pedale weniger oft herumtreten.**

Vertieft werden kann das Thema Übersetzungen, indem die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe erhalten, eine handbetriebene Schleifmaschine für Bleistifte zu bauen, mit der eine Bleistiftmine dank einer sehr großen Übersetzung an einer Sandpapierscheibe spitz geschliffen werden kann (s. Abb. 33, Knobelaufgabe, Anlagenband, S. 226).

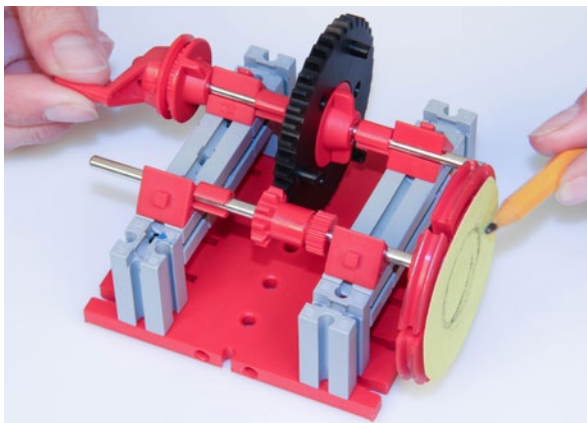


Abb. 33: Eine Schleifmaschine für Bleistifte mit sehr großer Übersetzung (aus: Bertelmann & Möller 2017, S. 11).

4.2 Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern, Lernschwierigkeiten und Lernmöglichkeiten

Das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* ist für viele Schülerinnen und Schüler interessant. Sie bringen vielfältige intuitive Erfahrungen aus dem Spiel und dem Alltag mit, an die der Unterricht anknüpfen sollte. In einigen Bereichen gibt es allerdings Lernschwierigkeiten, denen wir als Lehrkräfte unbedingt Rechnung tragen müssen. Das Curriculum *Kräfte und Gleichgewicht* nimmt diese Lernschwierigkeiten auf und berücksichtigt sie bei der vorgeschlagenen Unterrichtsgestaltung.

Stabilität (Standfestigkeit) erforschen

Kinder bauen Türme aus Klötzen oder Legosteinen. Spielerisch-explorativ versuchen sie, höhere und stabilere Türme zu bauen. Solche Erlebnisse führen – durch Nachdenken und durch den Austausch mit anderen – zu ersten Erfahrungen und Erkenntnissen im Elementarbereich. Im Primarbereich werden diese intuitiven Vorerfahrungen aufgegriffen, beim Konstruieren von stabilen Türmen angewendet und durch technische Experimente überprüft. So finden die Schülerinnen und Schüler heraus, dass Türme stabiler sind, wenn sie unten schwerer gemacht werden, eine größere Standfläche haben oder breiter abgestützt sind. In Gegenständen aus dem Alltag finden sie diese Prinzipien der Stabilisierung anschließend wieder. Neben dem Experimentieren erlernen sie so, Funktionszusammenhänge zu analysieren.

Gleichgewicht herstellen am zweiseitigen Hebel – auf dem Weg zum Hebelgesetz

Das Herstellen von Gleichgewicht ist Kindern aus dem Spiel gut vertraut; z. B. erfahren sie beim Balancieren auf einer Mauer oder auf einem Baumstamm, wie leicht man aus dem Gleichgewicht gerät und was man tun muss, um im Gleichgewicht zu bleiben (z. B. die Arme ausstrecken, Gegenbewegungen vollführen). Auch von der Wippe ist ihnen bekannt, dass ein schweres Kind beim Wippen nach vorn rutschen muss, damit das Wippen „gerechter“ ist und sich beide Kinder gleich anstrengen müssen, um sich vom Boden abzustoßen.

Beim Bau von Mobiles aus vorgefertigten Teilen nutzen die Schülerinnen und Schüler dieses intuitive Wissen, um die Mobilestäbe waagrecht auszubalancieren. Etwaige Fehlvorstellungen werden dabei direkt korrigiert – schiebt man das Gewicht zur falschen Seite, so kippt der Stab dort nach unten.

Den entdeckten Zusammenhang formulieren die Schülerinnen und Schüler anschließend qualitativ, indem sie das Erfahrene reflektieren: Je mehr Gewicht an einen der (Hebel-)Arme gehängt wird, des-

to kürzer muss der (Hebel-)Arm sein, an dem dieses Gewicht hängt. Dann ist der Mobilestab im Gleichgewicht und hängt waagrecht. Weitere Beispiele (Knobelaufgaben zu Wippe und Kran) vertiefen das entdeckte Prinzip. In der Sekundarstufe wird dann das zugrunde liegende Hebelgesetz in genereller Form erarbeitet und auch quantitativ formuliert.

Gleichgewicht herstellen durch Verlagerung des Schwerpunkts

Auch balancierende Gleichgewichtsfiguren dürften vielen Kindern bekannt sein. Warum die Figuren nicht zur Seite kippen, ist den meisten Kindern allerdings nicht bewusst. Im Unterricht entdecken sie handelnd, dass der Clown auf dem Seil balanciert, wenn sie ihn an den „Füßen“ beschweren. Sie stellen fest, dass diese „Beschwerung“ unterhalb des Drehpunkts angebracht werden muss und zudem ausreichend groß und gut verteilt sein muss, damit der Clown seine Arme waagrecht ausstreckt. In der Sekundarstufe knüpft der Unterricht hier an, der Begriff „Schwerpunkt“ wird eingeführt und die Bedeutung des Verhältnisses von Drehpunkt und Schwerpunkt für das Erreichen von Stabilität explizit thematisiert.

Der Begriff „Kraft“

Der Kraftbegriff ist einer der schwierigsten Begriffe in der Physik. Viele Kinder und Erwachsene assoziieren mit diesem Begriff Attribute wie kräftig, stark sein, kraftlos sein – also eine Eigenschaft, die man hat oder in sich trägt. In der Physik dagegen spricht man nur dann von Kraft, wenn zwei „Gegenstände“ aufeinander einwirken.

Um diesem wissenschaftlichen Begriff der Kraft näher zu kommen, konzentrieren wir uns im Primarbereich darauf, dass die Schülerinnen und Schüler Wirkungen der Kraft erfahren und sprachlich beschreiben. Dazu versetzen sie einen (schweren) Ball in Bewegung. Damit dieser ins Rollen kommt, brauchen sie Kraft (ich übe Kraft auf den Ball aus). Wenn sie den rollenden Ball stoppen wollen, brauchen sie ebenfalls Kraft. Je schwerer der Ball ist, desto mehr Kraft brauchen sie, um ihn zum Rollen zu bringen oder ihn abzubremesen.

Dass Kräfte in eine bestimmte Richtung wirken und auch gegeneinander gerichtet sein können, thematisiert der Unterricht am Beispiel des Seilziehens – eine Erfahrung, die viele Schülerinnen und Schüler bereits im Spiel gemacht haben. Es zeigt sich: Ziehen die Kinder auf beiden Seiten mit gleich großer Kraft am Seil, heben sich die Kräfte auf, das Seil bleibt ruhig auf der Stelle. Ist die auf einer Seite von den Kindern auf das Seil ausgeübte Kraft größer, bewegt sich das Seil in Richtung der „Mannschaft“ mit der größeren Kraft.

Reibungskräfte – erwünscht oder hinderlich?

Schülerinnen und Schüler bringen viele Alltagserfahrungen bezüglich Reibung mit. Allerdings ist ihnen meist nicht bewusst, dass Reibung in manchen Situationen erwünscht, häufig aber hinderlich ist. Auch dürfte ihnen kaum explizit bekannt sein, dass Reibung eine Kraft ist, die einer Bewegung entgegenwirkt und in ihrer Größe von der Beschaffenheit der gegeneinander bewegten Flächen abhängig ist.

An diese Alltagserfahrungen lässt sich gut anknüpfen: So wissen viele Kinder, dass z. B. das Schieben einer Spielzeugkiste umso anstrengender ist, je rauer der Untergrund ist (z. B. schiebt es sich leichter auf einem glatten Boden als auf einem Teppich). Im Unterricht stellen die Schülerinnen und Schüler fest, dass das Reiben auf einem Untergrund eine Bewegung (z. B. eines Pucks) zu bremsen vermag. Sie führen dazu einen einfachen Versuch durch, indem sie ein glattes Holzstück über verschieden raue Untergründe gleiten lassen. Dass der Grad der Rauheit des Untergrunds für die Stärke des „Reibens“ verantwortlich ist, entdecken sie, indem sie verschiedene Untergründe und deren Bremsseffekt vergleichen. Der Begriff „Reibung“ lässt sich – diese Erfahrungen aufgreifend – anschließend problemlos einführen.

Erfahrungen haben Kinder auch mit Rädern und Rollen; aber auch hier handelt es sich meist um intuitives, nicht bewusstes Wissen. Der Unterricht knüpft hier an. Die Schülerinnen und Schüler schieben einen schweren Mineralwasserkasten zunächst über den Boden. Dann werden sie gefragt, wie sie sich das Schieben mithilfe von Gymnastikstäben erleichtern könnten. Der Vergleich von modellhaft vergrößerten Reibungsflächen hilft den Schülerinnen und Schülern, den Unterschied zwischen Abrollen und Gleiten zu erfassen.

An diese Erkenntnis anknüpfend, lässt sich die Bedeutung des Rads als wichtige Erfindung der Menschheit thematisieren.

Abschließend stellen die Schülerinnen und Schüler fest, dass Reibung nicht immer unerwünscht ist, sondern in vielen Situationen auch Vorteile hat – ja sogar notwendig ist: Bei zu wenig Reibung, z. B. auf Glatteis, rutscht ein Auto oder ein Fahrrad aus der Kurve.

Kraft sparen mit Rampen, Hebeln und Rädergetrieben

- **Rampen:** Fragt man Schülerinnen und Schüler, ob sie einen Handwagen lieber einen steilen oder einen flachen Weg hochziehen würden, sind sich die meisten sicher: Das Ziehen geht über den flachen Weg leichter. Auch hier nimmt der Unterricht dieses unbewusste Handlungswissen auf. In einem technischen Experiment „messen“ die Schülerinnen und Schüler mithilfe

einer Feder an drei verschiedenen steilen Rampen, wie viel Kraft zum Hochziehen eines Wagens notwendig ist. Dass Rampen in vielen Alltagssituationen hilfreich sind, um Kraft zu sparen, thematisieren die Schülerinnen und Schüler anschließend anhand von Bildkarten.

- **Hebel:** Auch wenn die meisten Schülerinnen und Schüler es nicht bewusst erfahren haben: Sie sind hebelartigen Geräten zum Sparen von Kraft schon oft begegnet, z. B. beim Aufdrehen eines Glasdeckels mit einer Art Kneifzange, beim Zusammendrücken der Knoblauchpresse und des Nussknackers oder beim Flaschenöffner. Vielleicht wissen manche auch bereits, dass sie sich weniger anstrengen müssen, wenn sie am Griff weiter hinten anfassen. Dieses Handlungswissen gilt es aufzugreifen, anzureichern und zu versprachlichen.

Im Unterricht werden bewegliche Hebel zunächst am Beispiel des zweiseitigen Hebels thematisiert (einen Tisch mithilfe eines Hebels hochheben). Über einen Versuch erfahren die Schülerinnen und Schüler, dass sich eine Last mit weniger Kraft anheben lässt, wenn der Hebelarm lang ist. Sie lernen die Fachbegriffe kennen (Last- und Kraftarm, Drehpunkt) und nutzen diese beim Versprachlichen ihrer Erfahrung. Weitere Alltagshelfer lernen die Schülerinnen und Schüler in einem Stationenunterricht kennen – sie beschreiben, auf welche Weise sich Kraft sparen lässt, und bestimmen den Drehpunkt und den Kraftarm bei ein- und zweiseitigen Hebeln.

Lernschwierigkeiten können bei einseitigen Hebeln (z. B. der Türklinke) entstehen, da hier kein Lastarm zu sehen ist. Daher beschränkt sich die Auswertung der Stationen auf das Bestimmen von Drehpunkt und Kraftarm. Fragen Schülerinnen und Schüler nach dem Lastarm, so kann die Lehrkraft erläutern, dass dieser bei manchen Geräten sozusagen auf den Kraftarm „geklappt“ ist und auf der gleichen Seite des Drehpunkts liegt wie der Kraftarm.

- **Rädergetriebe:** In Regionen, in denen das Fahrradfahren sehr verbreitet ist, verfügen viele Schülerinnen und Schüler über die Erfahrung, dass ein kleiner Gang beim Treten weniger Kraft erfordert als ein großer Gang. Dass sie herunterschalten müssen, wenn sie bergauf fahren, ist ihnen ebenfalls bekannt. Fragt man sie allerdings, wie ein Fahrrad aussehen sollte, damit es fahren kann, zeigen sich überraschend große Unterschiede in den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler: Einige zeichnen eine Aneinanderreihung irgendwelcher Riemen, Ketten und Räder, ohne allerdings einen Funktionszusammenhang darzustellen. Bei manchen Schü-

lerinnen und Schülern geht die Kette oder der Riemen sogar zum Vorderrad (s. Abb. 34a), andere sind sich dagegen schon bewusst, dass das (Zahn-)Rad am Hinterrad kleiner ist als das an den Pedalen (s. Abb. 34b).

- Ausgehend von diesen deutlich zutage tretenden unterschiedlichen, teils auch widersprüchlichen Vorstellungen zur Funktion des Fahrrads, ist das Interesse der Schülerinnen und Schüler hoch, das zunächst verdeckte Getriebe des Fahrrads zu untersuchen. Sie beobachten, was mit dem Hinterrad passiert, wenn das Pedal einmal herumgedreht wird. Anschließend erhalten sie (wenn möglich) die Aufgabe, mithilfe von technischen Baukästen ein Modell zu bauen, bei dem sich das Antriebsrad weniger oft dreht als das Abtriebsrad (Übersetzung ins Schnelle). Den Unterschied im Kraftaufwand erleben und beschreiben sie, indem sie auf dem Schulhof in verschiedenen Gängen eine bestimmte Strecke fahren, dabei zählen, wie oft sie treten müssen, und spüren, wie viel Kraft sie beim Fahren einsetzen müssen.

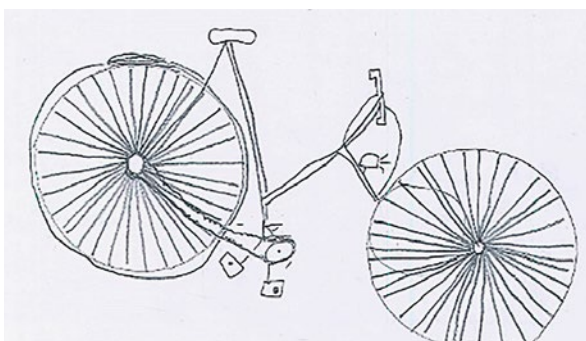
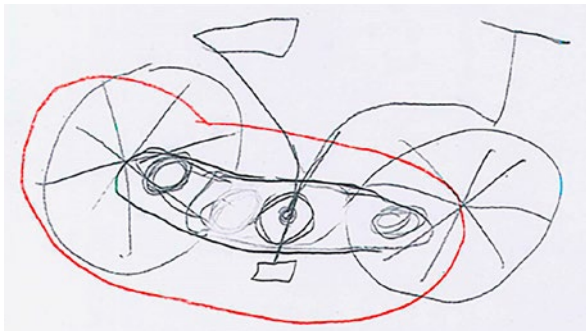


Abb. 34a und 34b: Beispiele für Schülerzeichnungen (aus Bertelmann, Nachtigäller, Flesch & Möller 2017, S. 8; vgl. auch in diesem Band S. 15).

Weg auf den Berg hinauf gehe, verbrauche ich weniger Energie, mein Körper muss dann weniger stark arbeiten. Arbeit bzw. Energie lässt sich aber nicht einsparen. Kraft kann ich hingegen sparen, indem ich einen längeren Weg in Kauf nehme. Das ist beim Besteigen eines Bergs über unterschiedlich steile Wege unmittelbar einsichtig. Auch beim Fahrrad erfahre ich, wenn ich mich aufmerksam beobachte, dass meine Füße öfter die Pedale herumdrehen müssen, wenn ich in einem kleinen Gang Kraft sparen möchte. Beim Hebel hingegen ist der längere Weg beim Kraftsparen schwieriger zu beobachten: Der Unterschied im zurückzulegenden Weg ist nur wenig größer, wenn ich den Nussknacker am Ende des Griffs statt in seiner Mitte zusammendrücke. Und es macht uns auch nicht viel aus, diesen längeren Weg beim Zusammendrücken in Kauf zu nehmen.

Die Goldene Regel der Mechanik gilt als ein zentrales Grundgesetz der Physik – die Schülerinnen und Schüler haben im Unterricht die Möglichkeit, diesem Gesetz am Beispiel von drei verschiedenen „Maschinen“ auf die Spur zu kommen, wodurch ein qualitatives Verständnis dieses wichtigen Gesetzes vorbereitet wird – im Sekundarbereich kann dieses dann vertieft und quantifiziert werden.

Die Goldene Regel der Mechanik entdecken

Dass man beim Fahren in verschiedenen Gängen unterschiedlich viel Kraft benötigt, wissen viele Schülerinnen und Schüler – die wenigsten verfügen aber über Vorstellungen dazu, dass man dieses Sparen „bezahlen“ muss. Bei einigen Kindern (auch bei manchen Erwachsenen) mag auch die folgende Fehlvorstellung vorhanden sein: Wenn ich z. B. den flacheren

5

Der Unterricht im Primarbereich

5 Der Unterricht im Primarbereich

5.1 Zum Aufbau des Unterrichts

Inhalts- und prozessbezogenes Lernen als Ziel des Unterrichts

Der für den Primarbereich vorgeschlagene Unterricht zielt – wie in Kapitel 3 ausgeführt – auf den Erwerb inhaltsbezogener *und* prozessbezogener Kompetenzen sowie des jeweils dazu gehörenden Wissens. Inhaltsbezogen geht es um das Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht*, prozessbezogen um das Erlernen naturwissenschaftlicher und technischer Arbeits- und Denkweisen. Der Unterricht kann deshalb in Lehrplänen sowohl unter dem Bereich *Kräfte und Gleichgewicht* als auch unter naturwissenschaftlichen und technischen Arbeits- und Denkweisen (experimentieren, konstruieren, bauen, beobachten, analysieren ...) verortet werden.

Anschlussfähigkeit nach oben und nach unten

Das Curriculum für den Primarbereich wurde in Abstimmung mit dem Elementar- und Sekundarbereich entwickelt. Es greift im Elementarbereich erworbene Kompetenzen auf und bereitet das weiterführende Lernen im Sekundarbereich vor. Ein Einstieg in den Unterricht der Klassenstufen 2 und 3 ist aber auch ohne Vorerfahrungen im Elementarbereich problemlos möglich.

Inhalte des Unterrichts im Primarbereich

Im Primarbereich ist der Unterricht in drei Themenbereiche aufgeteilt: „Stabilität und Gleichgewicht“, „Kräfte und ihre Wirkungen“ sowie „Kraft sparen durch einfache Maschinen (schiefe Ebene, Hebel und Getriebe)“. Der Themenbereich „Stabilität und Gleichgewicht“ eignet sich für die Klassenstufen 2 und 3, die Themenbereiche „Kräfte und ihre Wirkungen“ sowie „Kraft sparen durch einfache Maschinen (schiefe Ebene, Hebel und Getriebe)“ für die Klassenstufen 3 und 4. Die Abfolge der Themenbereiche und der ihnen zugeordneten Sequenzen ermöglicht einen fachlich sinnvollen Aufbau der Kompetenzen; die Auswahl der Themenbereiche lässt sich aber an die Vorgaben der Bundesländer anpassen.

Der Unterricht für die Klassenstufen 2 und 3 ist dem Themenbereich „Stabilität und Gleichgewicht“ zugeordnet und in drei Unterrichtseinheiten mit insgesamt acht Sequenzen gegliedert: Unterrichtseinheit 1, „Wir erforschen, was Gegenstände stabil macht“ (einen Turm bauen, Stabilität im Alltag), sowie Unterrichtseinheiten 2 und 3, „Wir konstruieren ein Mobile“ und „Wir erforschen, wie Figuren balancieren“ (Gleichgewicht am Mobile herstellen; Gleichgewicht bei Figuren herstellen). Indem die Schülerinnen und Schüler einen Turm stabil machen, erfassen

sie wichtige Prinzipien der Stabilisierung von Gebilden, die sie anschließend in Alltagsgegenständen wiederfinden. Beim Mobile geht es darum, an einem zweiseitigen Hebel ein Gewicht so zu verschieben, dass dieser sich in einer waagerechten Lage einpendelt, wodurch das Hebelgesetz vorbereitet wird. Figuren, die auf einem Seil balancieren sollen, bringen die Schülerinnen und Schüler ins Gleichgewicht, indem sie unten Gewichte anbringen und so den Schwerpunkt nach unten verlagern. Die gewählten Aufgaben sind motivierend und bieten viele Handlungsmöglichkeiten.

Der Unterricht für die Klassenstufen 3 und 4 ist in vier Unterrichtseinheiten mit insgesamt zwölf Sequenzen gegliedert. Zum Themenbereich „Kräfte und ihre Wirkungen“ gehört die Unterrichtseinheit 1, „Wir erkunden, wie Gegenstände bewegt und gebremst werden“ (einschließlich Reibung bei Fahrzeugen). Die Unterrichtseinheiten 2, 3 und 4, „Wir sparen Kraft mit Rampen“, „Wir sparen Kraft mit Hebeln“ und „Wir sparen Kraft mit Getrieben“, gehören zum Themenbereich „Kraft sparen durch einfache Maschinen (schiefe Ebene, Hebel und Getriebe)“. Die Schülerinnen und Schüler lernen das Phänomen der Reibung als eine Kraft kennen, die Bewegungen verlangsamt. Sie bauen ein Fahrzeug mit möglichst wenig Reibung und beschäftigen sich mit einer der wichtigsten Erfindungen der Menschheit, dem Rad. Dass man Kraft sparen kann, indem man einen längeren Weg in Kauf nimmt, lernen die Schülerinnen und Schüler am Beispiel von Rampen, Hebeln und Rädergetrieben beim Fahrrad. Damit nähern sie sich einem Verständnis der sogenannten Goldenen Regel der Mechanik.

Für den Bau von Rädergetrieben in der Unterrichtseinheit zum Fahrradgetriebe im Themenbereich „Kraft sparen durch einfache Maschinen“ sind technische Baukästen (Fischertechnik, Legotechnik) erforderlich. Sind diese nicht verfügbar, kann sich der Unterricht auf die Analyse des Fahrradgetriebes und die Erkundung der Gänge des Fahrrads konzentrieren.

Die Tabelle auf S. 57-61 gibt einen Überblick über Inhalt und Abfolge der Sequenzen.

Das Materialpaket für den Primarbereich: Handbuch und Materialkisten

Der vorgeschlagene Unterricht wurde zunächst im Rahmen des KiNT-Forschungsprogramms (Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik) an der Universität Münster im Hinblick auf sein Lernpotenzial und mögliche Lernschwierigkeiten umfassend untersucht. Anschließend wurde er mehrfach von erfahrenen Lehrkräften erprobt und optimiert.

Die nun vorliegenden Sequenzen sind als Anregung zu verstehen; sie sollen zeigen, wie der Unterricht konkret stattfinden könnte. Selbstverständlich müssen die Vorschläge an die jeweilige Klassensituation und die Vorerfahrungen der Lernenden angepasst werden; ebenso notwendig ist es, dass die Lehrkraft auf die Lernenden reagiert und den Unterrichtsverlauf entsprechend anpasst. Die konkreten Impulse durch die Lehrkraft sowie die formulierten Forscherfragen, Vermutungen und Ergebnisse sind nicht als Anleitung zum Nachahmen zu verstehen, sondern zeigen lediglich beispielhaft, wie die Lehrkraft das Denken der Schülerinnen und Schüler anregen kann und wie Ergebnisse in kindgerechter Sprache festgehalten werden könnten.

Das Materialpaket für den Primarbereich besteht aus einem Handbuch, einem Anlagenband mit sämtlichen Kopiervorlagen und insgesamt sechs Materialkisten. Es wurde nach dem Prinzip der sogenannten Klasse(n)kisten entwickelt und enthält (fast) alles, was die Lehrkraft für die Gestaltung eines anspruchsvollen Sachunterrichts benötigt.

Der Unterricht im Primarbereich: Das Handbuch

Das vorliegende Handbuch enthält zu jeder Sequenz – in dieser Reihenfolge – folgende Materialien:

- eine Tabelle mit inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen, die in der entsprechenden Sequenz zentral sind, sowie das dazugehörige Wissen
- eine kurze Zusammenfassung des vorgeschlagenen Unterrichtsverlaufs und organisatorische Hinweise zur Sequenz
- einen gegliederten, möglichen Verlauf mit ungefähren Zeitangaben (linke Spalte), einer

Auflistung der in der jeweiligen Phase benötigten Materialien (rechte Randspalte), wichtigen Impulsen, möglichen Ergebnissen des Unterrichts sowie ggf. Vorschlägen für Differenzierungsmaßnahmen und Variationen

- Listen der in der Sequenz benötigten Materialien aus den Kisten sowie der wenigen zusätzlich zu beschaffenden Materialien (durch Kursivschrift gekennzeichnet)
- Versuchsbeschreibungen mit fachlichem Hintergrund und Abbildungen

In einem Anlagenband befinden sich sämtliche Kopiervorlagen für den Unterricht im Primarbereich:

- Begriffs-, Satz-, Frage-, Reflexions- oder Bildkarten sowie Sprachhilfen
- Arbeitsblätter für die Schülerinnen und Schüler, zumeist differenziert nach Schwierigkeit
- Stationskarten
- Tippkarten (für differenzierende Maßnahmen)
- Knobelaufgaben, die zur Vertiefung, Differenzierung oder auch zur Diagnostik eingesetzt werden können
- zu jeder Unterrichtseinheit zudem eine kopierbare Reihentransparenz
- Karten mit Forschungstätigkeiten

Die Materialkisten zum Unterricht

Die Materialkisten für den Primarbereich sind auf den im Handbuch vorgeschlagenen Unterricht abgestimmt. In ihnen befinden sich Materialien für Demonstrations- und Schülerexperimente für Klassen mit bis zu 32 Kindern. Bis auf leicht zu beschaffende Alltagsmaterialien (z. B. leere Satzstreifen), Verbrauchsmaterial und die in der Unterrichtseinheit „Wir sparen Kraft mit Getrieben“ benötigten technischen Baukästen enthalten die Materialkisten alles, was für den vorgeschlagenen Unterricht benötigt wird. Für Verbrauchsmaterialien sind Bezugsquellen angegeben.

Für die Klassenstufen 2/3 gibt es vier Kisten, für die Klassenstufen 3/4 zwei Kisten. Die Kisten sind für die Klassenstufen 2/3 und 3/4 separat erhältlich. Der Inhalt der Kisten ist in Kapitel 6.1, S. 202–210 des Handbuchs mit Abbildungen und Bezeichnungen aufgeführt.

Didaktisch-methodische Hinweise zum Unterricht

Technisches und Naturwissenschaftliches Lernen verknüpfen

Das vorliegende Spiralcurriculum verknüpft technisches und naturwissenschaftliches Lernen. Beispielsweise ist die Aufgabe, einen Turm mit zur Verfügung gestellten Materialien stabil zu machen, eine typische technische Konstruktionsaufgabe. Anhand dieser Aufgabe lassen sich jedoch auch naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten erarbeiten, z. B. dass eine Beschwerung des Turms unten (also eine Schwerpunktverlagerung nach unten) die Stabilität von Gebilden erhöht. Naturwissenschaftliche Experimente auf verschiedenen steilen Rampen zeigen, dass beim Transport von Lasten auf einer weniger steilen Rampe weniger Kraft nötig ist, dass damit allerdings ein längerer Weg verbunden ist. Die so qualitativ erfasste Goldene Regel der Mechanik hilft den Schülerinnen und Schülern, die Nutzung von Rampen in technischen Situationen (z. B. Rampen für Rollstühle, das Heben schwerer Lasten) zu verstehen. Naturwissenschaftliche Erkenntnis wird so als etwas erfahren, was uns hilft, unsere umgebende Welt besser zu verstehen; zugleich erfahren die Schülerinnen und Schüler, dass technische Konstruktionen auf naturwissenschaftlichen Zusammenhängen und Phänomenen basieren.

Das Erlernen von Arbeits- und Denkweisen fördern

Naturwissenschaftliches und technisches Arbeiten und Denken erfolgt im vorgestellten Unterricht immer auf zwei Ebenen: auf der Ebene des Handelns und auf der Ebene der Reflexion des eigenen Handelns.

Welche prozessbezogenen Kompetenzen in der jeweiligen Sequenz angestrebt werden, ist vor jeder Sequenz aufgelistet. Am Ende jeder Sequenz reflektiert die Lehrkraft mit den Schülerinnen und Schülern, auf welche Art und Weise sie im Unterricht wie Forscherinnen und Forscher gearbeitet haben. Mögliche Forschungstätigkeiten – kindgemäß formuliert – finden sich auf Karten. Weitere von den Schülerinnen und Schülern genannte Forschungstätigkeiten können ergänzt werden. Dabei ist es nicht notwendig, zwischen naturwissenschaftlichen und technischen Forschungstätigkeiten zu unterscheiden.

Die Forschungstätigkeiten können von der Lehrkraft sichtbar aufgehängt und nach und nach im Unterricht ergänzt werden. So entsteht bei den Schülerinnen und Schülern im Lauf des Unterrichts eine zunehmend klarere Vorstellung darüber, welche Tätigkeiten sie selbst als Forschende ausgeübt haben. Abschließend kann ein Vergleich mit der Arbeitsweise von erwachsenen Forscherinnen und Forschern erfolgen. Dabei ist es wichtig, auch scheinbar „normale“ Tätigkeiten, wie das Beobachten, Beschrei-

ben und Dokumentieren, als Arbeitsweisen von Forschenden zu erfassen.

Einsatz von Reihentransparenzen

Um den Schülerinnen und Schülern Klarheit über den Ablauf des Unterrichts zu vermitteln, informiert die Lehrkraft zu Beginn über das Ziel der Unterrichtseinheit und das Thema der einzelnen Sequenzen. Mit Karten, die zu jeder Unterrichtseinheit vorhanden sind, kann die Lehrkraft den Aufbau der Unterrichtsreihe transparent machen. Am Ende der Unterrichtsreihe können die Karten genutzt werden, um das Gelernte zu reflektieren.

Lernen durch Handeln

Praktische Aufgaben sind der Ausgangspunkt bei allen Sequenzen. Einen Turm stabil machen, Mobiles bauen, Figuren zum Balancieren bringen, reibungsarme Fahrzeuge bauen, Lasten auf Rampen oder durch Einsatz eines Hebels bewegen sowie das Getriebe eines Fahrrads analysieren stehen als Tätigkeiten am Anfang des Unterrichts. Von der Lehrkraft unterstützte Reflexionsprozesse führen anschließend zum Erkennen der dem Phänomen zugrunde liegenden Prinzipien und Zusammenhänge. Diese werden wiederum an Beispielen technischer Alltagssituationen angewendet.

Für die Durchführung von Demonstrations- und Schülerexperimenten bzw. -aufgaben stehen Versuchsbeschreibungen zur Verfügung.

Sprachliches Lernen

Zur Unterstützung des sprachlichen Lernens werden Begriffs- und Satzkarten angeboten. Ergebnisse werden häufig als Je-desto-Zusammenhänge formuliert, um die zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen und technischen Prinzipien zu beschreiben. Sprachhilfen können die Formulierung unterstützen.

Arbeitsblätter

Arbeitsblätter liegen jeweils in zwei oder drei verschiedenen Schwierigkeitsstufen vor. Die Zahl der auf dem Arbeitsblatt ausgefüllten Punkte symbolisiert den Schwierigkeitsgrad (z. B. ein ausgefüllter Punkt = einfaches Arbeitsblatt). Online stehen sowohl die Arbeitsblätter als editierbare Vorlagen sowie sämtliche Lösungen zur Verfügung: www.telekom-stiftung.de/miteinander.

Lernerfolge diagnostizieren

Ob die Schülerinnen und Schüler ihre Kompetenzen weiterentwickeln konnten, zeigt sich erst, wenn sie das Erworbenes auch auf neue Situationen übertragen können. Zu allen wichtigen Bereichen des Unterrichts gibt es in den Sequenzen Lernaufgaben – sogenannte Knobelaufgaben –, die eine Übertragung erworbener Kompetenzen auf neue Inhaltsberei-

che erfordern. Die Knobelaufgaben variieren in der Schwierigkeit; sie erfordern sowohl nahe wie auch weite Transferleistungen. Sie können zur Diagnostik, aber auch zur Vertiefung und Differenzierung genutzt werden und sind der jeweiligen Unterrichtseinheit zugeordnet. Lösungen stehen online (www.telekom-stiftung.de/minteinander) zur Verfügung.

Differenzierung und Möglichkeiten für eigenaktives Forschen

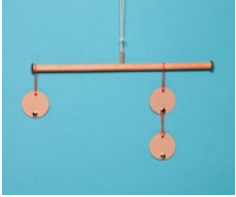
Der vorgeschlagene Unterricht ermöglicht es allen Schülerinnen und Schülern, grundlegende Kompetenzen zum Themenfeld *Kräfte und Gleichgewicht* und zum naturwissenschaftlichen und technischen Arbeiten und Denken zu erwerben. Für leistungs-

schwächere Schülerinnen und Schüler stehen Tippkarten zur Verfügung, die beim Lösen der gestellten Aufgaben unterstützen. Sie sind den Sequenzen zugeordnet. Hinweise zum Einsatz von Tippkarten finden sich in den Unterrichtsverläufen. Leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler können zusätzliche Aspekte über Knobelaufgaben oder ergänzende Texte erarbeiten. Entsprechende Differenzierungshinweise finden sich ebenfalls in den Sequenzen.

Auf der Basis der im Unterricht erworbenen Kompetenzen können die Schülerinnen und Schüler in der Freiarbeit oder in Forscherarbeitsgruppen weiteren Forschungsfragen nachgehen. Dabei können sie Materialien aus dem Unterricht, Literatur zum Thema oder das Internet nutzen.

5.2 Der Unterricht im Primarbereich – Übersicht

Unterricht für Klasse 2/3 (insgesamt acht Sequenzen, davon eine Sequenz optional)		
Themenbereich „Stabilität und Gleichgewicht“		
In Unterrichtseinheit 1 wird zunächst die Stabilität von Gebilden am Beispiel von Türmen erarbeitet (Stabilität durch genügend große Standfläche, durch Stützen und durch Schwerpunktverlagerung nach unten), um danach die gewonnenen Erkenntnisse auf Alltagsgegenstände zu übertragen.		
In Unterrichtseinheit 2 geht es um das Herstellen von Gleichgewicht an einem Mobile, wobei erste Erkenntnisse zur Hebelwirkung gewonnen werden. Die gewonnenen Erkenntnisse werden zur Herstellung eines eigenen Mobiles genutzt.		
Unterrichtseinheit 3 thematisiert das Herstellen von Gleichgewicht bei Balancierfiguren (Clown) durch Verlagerung des Schwerpunkts nach unten. Optional können in einer weiteren Sequenz auch asymmetrische Figuren zum Balancieren gebracht werden.		
Unterrichtseinheit 1: Wir erforschen, was Gegenstände stabil macht.		
Sequenz 1 (vgl. S. 62 ff.) Wir bauen einen stabilen Turm. 90 Minuten (oder 2 x 45 Minuten)		Ein Impuls der Lehrkraft führt die Schülerinnen und Schüler zur Aussage, dass Türme stabil sein müssen. Sie sammeln Ideen, wie ein Turm stabil gemacht werden kann, zeichnen ihre Ideen auf und bauen ein Modell. Hinterher testen sie, ob ihr Turm einem „Sturm“ standhält. Dabei achten die Schülerinnen und Schüler auf faire Versuchsbedingungen. Sie präsentieren ihre gefundenen Lösungen, begründen sie und demonstrieren die Stabilität mithilfe eines Föhns. Als Ergebnis halten sie fest, wodurch sie den Turm stabil gemacht haben. Anschließend dokumentieren die Schülerinnen und Schüler auf einem Arbeitsblatt ihr Ergebnis. Am Ende der Sequenz werden eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.
Sequenz 2 (vgl. S. 68 ff.) Wir finden heraus, was einen Turm stabil macht. 90 Minuten (oder 2 x 45 Minuten)		Die Schülerinnen und Schüler wiederholen, auf welche Weise sie in der vorangegangenen Sequenz ihren Modellturm stabil gemacht haben. Die Lehrkraft führt die Begriffe „Standfläche“ und „Gewicht“ ein. Durch kontrollierte Experimente, die gemeinsam mit den Kindern entwickelt werden, wird der Zusammenhang zwischen Standfläche bzw. Gewicht und Stabilität untersucht. Das Ergebnis wird an der Tafel festgehalten. Die Schülerinnen und Schüler dokumentieren die Ergebnisse auf zwei Arbeitsblättern, bevor in dieser Sequenz eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt werden.

Sequenz 3 (vgl. S. 76 ff.) Wir entdecken bei Gegenständen aus unserem Alltag, was sie stabil macht. 45 Minuten		Die Schülerinnen und Schüler erinnern sich an die vorherige Sequenz und nennen die Vergrößerung der Standfläche und das Anbringen von Gewicht unten am Turm als Stabilisierungsmaßnahmen. Die Lehrkraft weist auf eine dritte Möglichkeit hin – Stützen anbringen –, die (vermutlich) von den Kindern ebenfalls beim Bauen der Türme benutzt wurde. Die Schülerinnen und Schüler nennen Beispiele für Stützen aus dem Alltag und stellen sich in verschiedenen Positionen hin, sodass sie überprüfen können, wie sie selbst stabil stehen. Sie erkennen Stabilisierungsmaßnahmen auf Fotos von Alltagsgegenständen und begründen ihre Zuordnung. Am Ende der Sequenz werden eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.
Unterrichtseinheit 2: Wir konstruieren ein Mobile.		
Sequenz 1 (vgl. S. 85 ff.) Wir erkunden, wie ein Mobile funktioniert. 45 Minuten		Die Schülerinnen und Schüler untersuchen am Beispiel eines Mobiles die Funktionsweise eines zweiseitigen Hebels. Die Lehrkraft führt die Begriffe „Drehpunkt“, „Arm“, „waagrecht“ und „Gleichgewicht“ ein. Die Schülerinnen und Schüler stellen Vermutungen an, wie sie einen Mobilestab mit unterschiedlich vielen Pappscheiben (wieder) in eine waagerechte Lage bringen können. Sie zeichnen einen Plan und überprüfen ihre Vermutungen, indem sie das gezeichnete Mobile bauen und mit ihrem Plan vergleichen. Am Ende der Sequenz werden die eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.
Sequenz 2 (vgl. S. 90 ff.) Wir erweitern das Mobile. 45 Minuten		Die Schülerinnen und Schüler vermuten, wie ein Mobilestab wieder in die waagerechte Lage gebracht werden kann, nachdem sie zusätzliche Gewichte angehängt haben (zunächst Pappscheiben, später weitere Etagen mit Pappscheiben). Sie machen eine Skizze, wie sie das Mobile erweitern wollen, und überprüfen ihre Vermutung, indem sie das Mobile bauen. Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre Mobiles, erläutern die Bauweise, beschreiben die aufgetretenen Schwierigkeiten und die gefundenen Lösungen. Am Ende der Sequenz werden die in dieser Sequenz neu eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.
Sequenz 3 (vgl. S. 95 ff.) Wir bauen ein Mobile aus Naturmaterialien. min. 90 Minuten		Die Schülerinnen und Schüler wiederholen, was sie in der letzten Sequenz zu Mobiles gelernt haben. Sie setzen dieses Wissen um, indem sie in Partnerarbeit Mobiles mit Naturmaterialien, die sie selbst gesammelt haben, planen und herstellen. Hinterher präsentieren die Kinder ihre Mobiles. In der Reflexion besprechen sie ihre Vorgehensweise und die Lösung von Schwierigkeiten. Sie benutzen dabei die eingeführten Fachbegriffe. Am Ende der Sequenz werden die in dieser Sequenz neu eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.
Unterrichtseinheit 3: Wir erforschen, wie Figuren balancieren.		
Sequenz 1 (vgl. S. 99 ff.) Wir bringen einen Clown zum Balancieren. 45 Minuten		Die Schülerinnen und Schüler beobachten zwei identisch aussehende Clowns, von denen der eine auf einem Seil sitzen bleibt und der andere herunterfällt (in dem einen Clown befinden sich in den Füßen versteckt angebrachte Gewichte, die den Schwerpunkt der Figur nach unten verlagern). Sie überlegen, warum das so ist. Die Schülerinnen und Schüler bringen ihre Clowns durch das Anbringen von Gewichten an deren Füßen auf einem Seil zum Balancieren und präsentieren ihre Lösungen. Das Ergebnis wird auf einem Arbeitsblatt festgehalten. Am Ende der Sequenz werden die eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.



Sequenz 2 (vgl. S. 105 ff.) Wir bringen weitere Figuren zum Balancieren. (optional) 45 Minuten		Die Lehrkraft zeigt asymmetrische Figuren und die Schülerinnen und Schüler bringen diese zum Balancieren. Anschließend präsentieren sie ihre Lösungen und erläutern und begründen ihre Vorgehensweise. Gemeinsam beschreiben sie, wie eine asymmetrische Figur mit nur einem Gewicht zum aufrechten Sitzen gebracht werden kann, wobei das Gewicht der Figur „gut verteilt sein muss“. Das Ergebnis wird auf einem Arbeitsblatt festgehalten. In dieser Sequenz neu eingesetzte Forschungstätigkeiten werden am Ende der Sequenz zusammengetragen und geklärt.
---	---	---

Unterricht Klasse 3/4 (insgesamt zwölf Sequenzen, davon eine Sequenz optional)

Der Unterricht für die Klassen 3 und 4 umfasst zwei aufeinander aufbauende Themenbereiche, „Kräfte und ihre Wirkungen“ sowie „Kraft sparen durch einfache Maschinen“, mit insgesamt vier Unterrichtseinheiten.

Themenbereich „Kräfte und ihre Wirkungen“

In **Unterrichtseinheit 1** lernen die Schülerinnen und Schüler das Phänomen Reibung als eine Kraft kennen, die Bewegungen verlangsamt. Dazu führen sie einfache Versuche durch und bauen abschließend ein möglichst reibungsarmes Fahrzeug aus Alltagsmaterialien.

Themenbereich „Kraft sparen durch einfache Maschinen“

In diesem Themenbereich nähern sich die Schülerinnen und Schüler durch die Auseinandersetzung mit unterschiedlichen einfachen Maschinen einem Verständnis der sogenannten Goldenen Regel der Mechanik an: Was ich an Kraft spare, muss ich an Weg zusetzen.

In **Unterrichtseinheit 2** beschäftigen sich die Schülerinnen und Schüler mit dem Sparen von Kraft durch **schiefe Ebenen** (Rampen).

In **Unterrichtseinheit 3** wird das Sparen von Kraft durch **Hebel** thematisiert.

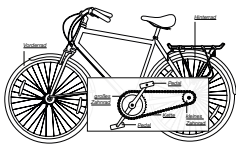
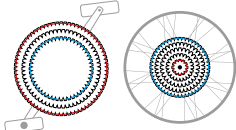
In **Unterrichtseinheit 4** lernen die Schülerinnen und Schüler das Sparen von Kraft durch **Getriebe** kennen.

Unterrichtseinheit 1: Wir erkunden, wie Gegenstände bewegt und gebremst werden.

Sequenz 1 (vgl. S. 110 ff.) Wir bewegen Gegenstände. 90 Minuten (oder 2 x 45 Minuten)		Die Lehrkraft erarbeitet mit den Schülerinnen und Schülern den Kraftbegriff am Beispiel eines Balls. Dabei werden die Ausprägungen „Kraft brauchen, um etwas in Bewegung zu versetzen“, „unterschiedlicher Kraftaufwand bei unterschiedlich schweren Bällen“ und „Kraft brauchen, um eine Bewegung zu stoppen“ thematisiert. Im weiteren Verlauf der Sequenz suchen die Schülerinnen und Schüler Gegenstände, bei denen Kraft eingesetzt werden muss, um diese in Bewegung zu versetzen oder sie zu stoppen. Sie dokumentieren ihre Funde. Bildimpulse zum „Tauziehen“ führen zur Frage, was bei entgegengesetzt wirkenden Kräften passiert. Die in dieser Sequenz eingesetzten Forschungstätigkeiten werden am Ende der Sequenz zusammengetragen und geklärt.
Sequenz 2 (vgl. S. 117 ff.) Wir erkunden, was Gegenstände bremst. 45 Minuten		Die Schülerinnen und Schüler stupsen sich im Kreis einen Puck zu. Sie beobachten, dass der Puck vom Boden gebremst wird. Anschließend untersuchen sie in Gruppen unterschiedliche Untergründe und notieren je ein Beispiel für einen Untergrund, der stark reibt, und einen Untergrund, der wenig reibt. In einem geplanten Versuch überprüfen die Schülerinnen und Schüler ihre Beobachtungen, dokumentieren ihre Erkenntnisse auf einem Arbeitsblatt und halten sie in einem Je-desto-Satz fest. Am Ende der Sequenz werden eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.
Sequenz 3 (vgl. S. 125 ff.) Wir finden heraus, wie uns Räder nutzen. 45 Minuten		Die Schülerinnen und Schüler übertragen die in der letzten Sequenz erarbeiteten Erkenntnisse auf eine neue Situation: Sie sollen einen schweren Gegenstand (einen Wasserkasten) auf dem Boden bewegen. Sie entwickeln Ideen, wie die Reibung des Gegenstands mit dem Boden verringert werden kann. Sie stellen die Last zunächst auf Stäbe, um sie darauf vorwärtszurollen. Anhand eines bebilderten Arbeitsblatts vollziehen sie die Erfindung des Rads (von der Rolle zum Rad) nach und sprechen über die Bedeutung dieser Erfindung für die Menschheit. Am Ende der Stunde werden in dieser Sequenz eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Sequenz 4 (vgl. S. 131 ff.) Wir bauen Fahrzeuge, die gut rollen. 90 Minuten		Gemeinsam mit der Lehrkraft führen die Schülerinnen und Schüler einen Versuch durch, bei dem sie die Reibung überprüfen. Anschließend bauen sie Fahrzeuge mit Rädern, testen und optimieren diese. Die Schülerinnen und Schüler zeichnen ihre Fahrzeuge und dokumentieren ihre Ergebnisse. Anschließend können die Fahrzeuge in einer Ausstellung präsentiert werden. Am Ende der Sequenz werden eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.
Unterrichtseinheit 2: Wir sparen Kraft mit Rampen.		
Sequenz 1 (vgl. S. 138 ff.) Wir untersuchen unterschiedlich steile Rampen. 45 Minuten		Die Schülerinnen und Schüler ziehen einen Spielzeugwagen an einer Schnur unterschiedlich steile Rampen hinauf und spüren, dass sie dafür unterschiedlich viel Kraft benötigen. Mit einer Feder lässt sich die Kraft genauer bestimmen. Das Messen der Kraft bei allen drei Rampen wird im Sitzkreis durchgeführt. Aus dem Beobachteten schließen die Schülerinnen und Schüler, dass man zum Hochziehen bei der längsten und flachsten Rampe am wenigsten Kraft benötigt. Sie formulieren ihr Ergebnis anschließend in Form eines Je-desto-Satzes und halten es auf einem Arbeitsblatt fest. Knobelaufgaben geben Hinweise zur Nutzung von Rampen früher und heute. Hierbei wird bei der Zusatzaufgabe der Knobelaufgabe „Eine Pyramide bauen“ eine Verbindung zur Sequenz 4 der Unterrichtseinheit 1 für die Klasse 3/4 (Wir bauen Fahrzeuge, die gut rollen.) hergestellt. Zum Abschluss werden eingesetzte Forschungstätigkeiten gemeinsam zusammengetragen und geklärt.
Sequenz 2 (vgl. 146 ff.) Wir erproben unterschiedlich steile Rampen in der Turnhalle. (optional) 90 Minuten		Die Lehrkraft kündigt an, dass die Schülerinnen und Schüler nun Erfahrungen am eigenen Körper zu den in der vorangegangenen Sequenz erarbeiteten Erkenntnissen im Sportunterricht machen können. In Gruppen arbeiten die Schülerinnen und Schüler an drei Stationen. Sie probieren verschiedene Möglichkeiten aus, eine Last (einen Korb mit schweren Bällen) nach oben zu transportieren. An Station 1 ziehen sie die Last über eine kurze, steile Bank nach oben. An Station 2 ziehen sie die Last über eine längere, weniger steile Rampe (zwei Bänke hintereinander) hoch. Bei Station 3 ziehen sie die Last senkrecht nach oben. Anschließend besprechen die Schülerinnen und Schüler, an welcher Station sie am meisten bzw. am wenigsten Kraft gebraucht haben. Sie vergleichen, wie lang der Weg war, über den sie den Korb gezogen haben. Die Erkenntnisse werden mündlich zusammengetragen.
Unterrichtseinheit 3: Wir sparen Kraft mit Hebeln.		
Sequenz 1 (vgl. S. 151 ff.) Wir heben einen Tisch mit Hebeln. 45 Minuten		Die Lehrkraft berichtet den Schülerinnen und Schülern, wie Archimedes die Wirkung des Hebels entdeckt hat. Die Schülerinnen und Schüler testen die Wirkung eines Hebels, indem sie einen Tisch mit einem längeren und einem kürzeren Hebel anheben. Die Lehrkraft führt die Begriffe Hebel, Drehpunkt, Hebelarm, Lastarm und Kraftarm ein. Die Schülerinnen und Schüler dokumentieren ihre Erkenntnisse auf einem Arbeitsblatt und halten sie in Je-desto-Sätzen fest. Am Ende der Sequenz werden die eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.
Sequenz 2 (vgl. S. 161 ff.) Wir untersuchen, wie Hebel bei Gegenständen aus unserem Alltag wirken. 90 Minuten		Die Schülerinnen und Schüler wiederholen die Erkenntnisse der letzten Unterrichtssequenz. In mehreren Stationen erkunden sie anschließend die Wirkung von Hebeln bei Alltagsgegenständen. Sie bestimmen den Drehpunkt und den Kraftarm der Alltagsgeräte und vergleichen den Kraftaufwand bei einem kurzen und einem langen Kraftarm. In der Reflexion übertragen die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse der letzten Sequenz auf diese Alltagssituationen. Die Erkenntnisse halten sie auf Arbeitsblättern fest. Am Ende der Sequenz werden die eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.



Unterrichtseinheit 4: Wir sparen Kraft mit Getrieben.		
Sequenz 1 (vgl. S. 177 ff.) Wir zeichnen ein Fahrrad, das fahren kann. 45 Minuten		Zu Beginn der Sequenz betrachten die Schülerinnen und Schüler ein auf dem Kopf stehendes Fahrrad mit verdeckter Kette und verdeckten Zahnrädern (Blackbox). Sie zeichnen ein Fahrrad mit allen Teilen, die notwendig sind, damit man vorwärtsfahren kann. Die Zeichnungen werden besprochen und die Begriffe Vorderrad, Hinterrad, Zahnrad, Kette und Pedal am umgedrehten Fahrrad erarbeitet. Am Ende der Sequenz werden eingesetzte Forschungstätigkeiten gemeinsam zusammengetragen und geklärt.
Sequenz 2 (vgl. S. 182 ff.) Wir bauen ein Modell eines Kettengetriebes. 90 Minuten		Die Lehrkraft zeigt den Schülerinnen und Schülern das auf dem Kopf stehende, beschriftete Fahrrad mit Blackbox und legt die Begriffskarten mit Teilen des verdeckten Getriebes dazu. Die Schülerinnen und Schüler wiederholen die Begriffe Vorderrad, Hinterrad, Zahnrad, Kette und Pedal sowie die Vorstellungen, Ideen und Fragen zur Funktionsweise direkt am Fahrrad. Die Lehrkraft geht dabei insbesondere auf die Unterschiede in den Zeichnungen ein und auf die Fragen, die sich daraus ergeben haben. Wie es unter der Abdeckung genau aussieht, ist größtenteils noch unklar. Mit Baukästen (z. B. Fischertechnik) bauen die Schülerinnen und Schüler anschließend Modelle von Fahrradgetrieben. Statt einer Kette benutzen sie dazu Riemen (Gummibänder). Anschließend erklären sie an ihren Modellen und dann auch am umgedrehten Fahrrad (die Blackbox ist nun geöffnet), wie das Getriebe funktioniert. Sie fertigen eine Zeichnung des Kettengetriebes an und vergleichen diese mit ihrer zuvor angefertigten Zeichnung. Am Ende der Sequenz werden eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.
Sequenz 3 (vgl. S. 189 ff.) Wir bauen ein Modell eines Kettengetriebes mit zwei Gängen. 45 Minuten		Die Schülerinnen und Schüler entdecken an einem auf dem Kopf stehenden Fahrrad mit Blackbox, dass das Hinterrad sich unterschiedlich oft dreht, je nachdem, ob das Pedal im kleinen Gang oder im großen Gang einmal herumgedreht wird. Sie vermuten, dass es sich um verschiedene Gänge beim Fahrrad handelt. Sie bauen ein Riemengetriebe mit Gangschaltung, das mindestens zwei Gänge hat. Im Plenum vermuten die Schülerinnen und Schüler, wozu es unterschiedliche Gänge gibt und wann welcher Gang sinnvoll eingesetzt wird. In dieser Sequenz eingesetzte Forschungstätigkeiten werden am Ende zusammengetragen und geklärt.
Sequenz 4 (vgl. S. 195 ff.) Wir erforschen, wie die verschiedenen Gänge wirken. 90 Minuten		Die Ergebnisse aus der vorherigen Sequenz werden wiederholt. Die Schülerinnen und Schüler testen den Unterschied beim Treten der Pedale im kleinsten und im größten Gang, zunächst mit der Hand, anschließend beim Fahren. Falls möglich, testen die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Situationen und überlegen, in welchen ein großer oder ein kleiner Gang geeignet ist. Bei der Reflexion werden die Vermutungen und Erkenntnisse aufgegriffen und daraus Ergebnisse formuliert. Die in dieser Sequenz eingesetzten Forschungstätigkeiten werden am Ende der Sequenz zusammengetragen und geklärt.

5.3 Unterricht Klasse 2/3: Themenbereich „Stabilität und Gleichgewicht“

5.3.1 Unterrichtseinheit 1: Wir erforschen, was Gegenstände stabil macht. (Themenbereich „Stabilität und Gleichgewicht“)

Sequenz 1: Wir bauen einen stabilen Turm.

Zeitraumen: 90 Minuten (oder 2x45 Minuten, mögliche Trennung nach der Erarbeitung)

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - konstruieren einen gegen seitlich einwirkende Kräfte (Wind) standfesten Turm (IK 3). - 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 (IK 3).	Durch Vergrößerung der Standfläche wird die Stabilität eines Bauwerks bei seitlich einwirkenden Kräften erhöht. Derselbe Effekt wird durch Stützen erreicht, die ebenfalls eine Standflächenvergrößerung bewirken. Das Anbringen von Masse unten am Turm oder auf der Standfläche bewirkt eine Schwerpunktverlagerung nach unten, wodurch ebenfalls die Stabilität bei seitlich einwirkenden Kräften erhöht wird.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - sind in der Lage, einfache technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, entsprechende Lösungsansätze zu entwerfen und zu realisieren (PK-T 1). - vergleichen und bewerten technische Problemlösungen im Hinblick auf den technischen Zweck, Materialökonomie und Originalität (PK-T 3). - vermitteln, diskutieren und dokumentieren Ideen für technische Lösungen verständlich, unter Nutzung von Sprache, Zeichnung oder Demonstration (PK-T 4).	Das Konstruieren und Herstellen von technischen Objekten gehört zu den zentralen technischen prozessbezogenen Kompetenzen. Es umfasst das Verstehen einer Aufgabe oder eines Problems, das Entwerfen einer Lösung unter Berücksichtigung der gegebenen Bedingungen, das Planen eines Fertigungsprozesses, die Fertigung selbst sowie ggf. die Optimierung des Gefertigten. Technisches Handeln verfolgt das Ziel, einen angestrebten Zweck zu erreichen. Die Produkte des Handelns sind daher im Hinblick auf den angestrebten Zweck zu beurteilen. Neben diesem können als weitere Kriterien die Qualität der Ausführung, die ökonomische Materialverwendung und die Originalität der Lösung reflektiert werden. Durch das Vergleichen von technischen Problemlösungen werden Unterschiede und Besonderheiten bewusst. Der Entwurf von technischen Lösungen kann mit verschiedenen Medien begleitet und unterstützt werden. Zusätzlich zur Sprache können dafür (beschriftete) Zeichnungen und Skizzen sowie gestische Demonstrationen genutzt werden.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Ein Impuls der Lehrkraft führt die Schülerinnen und Schüler zur Aussage, dass Türme stabil sein müssen. Sie sammeln Ideen, wie ein Turm stabil gemacht werden kann, zeichnen ihre Ideen auf und bauen ein Modell. Hinterher testen sie, ob ihr Turm einem „Sturm“ standhält. Dabei achten die Schülerinnen und Schüler auf faire Versuchsbedingungen.

Sie präsentieren ihre gefundenen Lösungen, begründen sie und demonstrieren die Stabilität mithilfe eines Föhns. Als Ergebnis halten sie fest, wodurch sie den Turm stabil gemacht haben. Anschließend dokumentieren die Schülerinnen und Schüler auf einem Arbeitsblatt ihr Ergebnis. Am Ende der Sequenz werden eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Zum Testen der Stabilität der Türme wird ein Föhn benötigt. Vor dem Unterricht muss die Lehrkraft erproben, in welcher Entfernung der Föhn den Turm am oberen Ende anblasen muss, damit er sicher umfällt. Dabei wird der Föhn auf die höchste Stufe eingestellt.

Die Türme lassen sich besser zur Teststation tragen, wenn sie auf einer Pappunterlage (z. B. DIN-A3-Sammelmappen) gebaut werden.

Zum Beschweren des Turms unten bzw. zum Vergrößern der Standfläche bzw. zum Anbringen

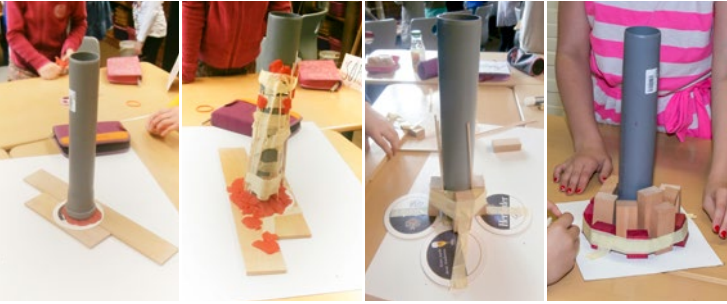
von Stützen stehen in der Kiste folgende Materialien zur Verfügung: Bierdeckel, Schaschlikspieße, kleine Holzleisten. Zur Verfügung gestellt werden sollten noch Gegenstände wie z. B. Muttern, Steine, Glasnuggets, Kaplasteine und Tonkarton.

Zum Befestigen der Materialien an den Türmen eignet sich Kreppband, da die Schülerinnen und Schüler es leicht abreißen können. Es sollten mehrere Rollen für die Gruppen vorhanden sein.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 5 min	Einstieg Die LK zeigt als Impuls Bildkarten. Die SuS äußern sich dazu. Die LK erarbeitet mit den SuS, dass ein Turm stabil (Begriffskarte zeigen) sein muss, damit er bei einem Sturm nicht umfällt. LK: <i>Eine Architektin oder ein Architekt (Begriffskarte zeigen und Beruf klären) haben den Auftrag, einen neuen Turm zu bauen. Dieser Turm soll stabil sein. Ihr sollt heute auch wie Architektinnen und Architekten arbeiten und herausfinden, wie man einen Turm stabil machen kann.</i>	• 4 Bildkarten „Türme“ • Begriffskarten „stabil“ und „Architektin/Architekt“
Sitzkreis 10 min	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Um zu testen, wie gut ein Turm dem Sturm standhält, bauen Architektinnen und Architekten oft ein Modell (Begriff „Modell“ klären). Dieses Rohr (zeigen und auf den Boden stellen) ist das Modell für den Turm, der gebaut werden soll. Ob das Modell stabil ist und einen Sturm aushält, testen wir mit einem Föhn. Der Modellturm muss einem Sturm auf höchster Stufe aus einer Entfernung von XX cm standhalten. Den Abstand zwischen Rohr und Föhn messen wir mit dem Lineal. Mit diesem Abstand blasen wir nun oben gegen den Modellturm.</i> Demonstrieren: Föhn oben ans Rohr halten, Abstand zwischen Föhn und Rohr mit dem Lineal ausmessen, Föhn im richtigen Abstand festhalten und auf höchster Stufe einschalten. Der Turm fällt um. Der notwendige Abstand muss vor dem Unterricht ausprobiert werden.	• 1 Rohr mit Stopfen • 1 Föhn • 1 30-cm-Lineal



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Die SuS beobachten. LK: <i>Wie Architektinnen und Architekten überlegt ihr zunächst, wie ihr das Modell stabil machen könnt, damit es auch beim Sturm aus dem Föhn nicht umfällt. Dann probiert ihr eine eurer Ideen aus. So könnt ihr herausfinden, was ihr beim Bau des Turms beachten und noch verändern müsst. Im Kreis besprechen wir dann, was ihr gemacht habt, damit euer Turm stabil ist.</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 1. Sammelt Ideen, wie ihr den Turm stabil machen wollt. 2. Zeichnet eine eurer Ideen auf und beschriftet sie. 3. Probiert eure Idee aus. 4. Testet, ob euer Turm stabil ist (Teststation). 5. Verbessert euren Turm und testet nochmal. LK: <i>Diese Materialien dürft ihr für diese Aufgabe nutzen (auf Materialien verweisen).</i>	• ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift • Materialien (s. Auflistung unten)
Partnerarbeit 30 min	Erarbeitung Die SuS arbeiten zu zweit. Sie sammeln und besprechen Ideen. Eine davon zeichnen sie auf ein Blatt. Sie erhöhen die Stabilität des Turms, indem sie ... • die Standfläche vergrößern, • den Turm am/im Fuß bzw. auf der Standfläche schwerer machen, • beides miteinander kombinieren oder • Stützen am Turm befestigen. (Ggf. weist die LK die SuS, die einen Turm mit [Aussichts-]Plattform bauen wollen, darauf hin, dass zuerst der Turm stabil gemacht werden soll.) Die SuS prüfen ihre Konstruktionen an der Teststation und optimieren sie, wenn nötig. Wichtig: Der „Sturm“ kann aus allen Richtungen wehen.  <u>Differenzierung:</u> SuS, die fertig sind, stecken ein weiteres Rohr (ohne Stopfen) auf das schon vorhandene und stabilisieren diesen doppelt so hohen Turm mit Materialien aus dem Klassenraum.	• leere DIN-A4-Blätter • 16 Rohre mit Stopfen • Materialien (s. Auflistung unten) • 1 Föhn • 1 30-cm-Lineal • ggf. 4 Rohre ohne Stopfen



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 25 min	Reflexion SuS präsentieren ihre gefundenen Lösungen, begründen sie und demonstrieren ggf. die Stabilität mithilfe des Föhns. Bei der Präsentation geben die SuS zu folgenden Fragen Auskunft (Reflexionskarten anheften): • Welche Materialien habt ihr benutzt? • Was macht euren Turm stabil? Die zuhörenden SuS fragen nach. LK: <i>Warum ist es wichtig, dass der Föhn bei allen auf die gleiche Stufe eingestellt ist und immer gleich weit vom Turm entfernt ist?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Damit der Sturm bei allen gleich stark ist. • Wenn manche den Föhn näher dranhalt, dann ist das unfair. • Wenn ich mit einer kleinen Stufe teste, dann weiß ich gar nicht, ob der Turm auch einem stärkeren Sturm standhält. LK: <i>Was habt ihr gemacht, um den Turm stabil zu machen?</i> Die SuS formulieren, was sie herausgefunden haben. Ergebnis • Wir haben den Turm unten schwerer gemacht. • Wir haben den Boden unterm Turm größer gemacht. • Wir haben den Turm abgestützt. Die LK notiert diese Ergebnisse.	• stabilisierte Türme der SuS • 1 Föhn • 1 30-cm-Lineal • Reflexionskarten „Welche Materialien habt ihr benutzt?“ und „Was macht euren Turm stabil?“ • 2 Magneten/Klebestreifen • leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Einzelarbeit 15 min	Ergebnissicherung Die SuS halten ihre Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt „Wir machen einen Turm stabil“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe (☐ ☐ ☐) fest. Alternativ kann die LK die Türme fotografieren und den SuS einen Ausdruck ihres Modells geben (Fotoprotokoll).	• AB „Wir machen einen Turm stabil“ • ggf. 1 Kamera
Unterrichtsgespräch 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir planen</i> einen stabilen Turm. • <i>Wir zeichnen</i> unsere Ideen bzw. unseren Plan auf. • <i>Wir bauen</i> einen stabilen Turm. • <i>Wir überprüfen</i>: Ist der Turm stabil? • <i>Wir bewerten</i> die Stabilität des Turms.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	• <i>Wir verbessern</i> unseren Turm (und machen ihn noch stabiler). • <i>Wir vermuten</i> – welche Möglichkeiten zum Stabilisieren gibt es? • <i>Wir beobachten</i>, wie stabil die Türme sind. • <i>Wir besprechen</i>, was wir machen, um den Turm zu stabilisieren. • <i>Wir überlegen eine Lösung</i>, wie man den Turm stabilisieren kann. • <i>Wir schreiben ein Ergebnis auf</i>. • <i>Wir dokumentieren</i> unsere Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt.	

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Rohr mit Stopfen
	1	<i>Föhn</i>
	1	30-cm-Lineal
	<i>ggf.</i>	<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>ggf. 1</i>	<i>Plakat und Stift</i>
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>
	2	<i>Magneten/Klebestreifen</i>
	<i>ggf. 1</i>	<i>Kamera (zum Fotografieren der stabilisierten Türme)</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	20	Rohre mit Stopfen
	4	Rohre ohne Stopfen
	<i>mehrere</i>	<i>Bögen Tonkarton (verschiedene Größen, zum Vergrößern der Standfläche)</i>
	60	Bierdeckel
	48	kleine Holzleisten (10x40x180 mm)
	4	<i>Rollen Kreppband (für die Gruppen)</i>
	50	Schaschlikspieße
		<i>Bauklötze (möglichst viele, z. B. Kaplasteine)</i>
		<i>Steine (z. B. Kieselsteine), Muttern, Schrauben, Glasnuggets etc. (zum Beschweren der Standfläche und des Turms)</i>

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	4	Bildkarten „Türme“ („Gömnitzer Turm“, „Weißer Turm in Bad Homburg“, „Henninger Turm in Frankfurt“ und „Schornstein des Kraftwerks in Buschhaus“)
	2	Begriffskarten („stabil“ und „Architektin/Architekt“)
	Schüleranzahl	leere DIN-A4-Blätter
	2	Reflexionskarten („Welche Materialien habt ihr benutzt?“ und „Was macht euren Turm stabil?“)
	Schüleranzahl	AB „Wir machen einen Turm stabil“ (in zwei Schwierigkeitsstufen;  )
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir planen“, „Wir zeichnen“, „Wir bauen“, „Wir überprüfen“, „Wir bewerten“, „Wir verbessern“, „Wir beobachten“, „Wir besprechen etwas“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“, „Wir dokumentieren“, „Wir überlegen eine Lösung“ und „Wir vermuten“)

Sequenz 2: Wir finden heraus, was einen Turm stabil macht.

Zeitraumen: 90 Minuten (oder 2x45 Minuten, mögliche Trennung nach der Erarbeitung)

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • 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 (IK 3). • formulieren den Zusammenhang zwischen Standfläche bzw. unten angebrachtem Gewicht und Stabilität mithilfe einer Je-desto-Formulierung (IK 3).	Durch Vergrößerung der Standfläche wird die Stabilität eines Bauwerks bei seitlich einwirkenden Kräften erhöht. Derselbe Effekt wird durch Stützen erreicht, die am Fuß des Bauwerks befestigt sind und ebenfalls eine Standflächenvergrößerung bewirken. Das Anbringen von Masse unten am Turm oder auf der Standfläche bewirkt eine Schwerpunktverlagerung nach unten, wodurch ebenfalls die Stabilität bei seitlich einwirkenden Kräften erhöht wird. Je größer die Standfläche ist, desto stabiler ist der Turm bei seitlich einwirkenden Kräften. Je schwerer der Turm unten am Fuß oder die Standfläche sind, desto stabiler ist der Turm bei seitlich einwirkenden Kräften.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • entwerfen mithilfe der Lehrkraft kontrollierte Experimente zu einfachen Fragen (PK-N 4), bauen einfache Versuche oder Experimente nach Plan auf und führen sie durch (PK-N 5). • auch: führen technische Versuche durch bzw. beteiligen sich an der Entwicklung (PK-T 1). • formulieren Generalisierungen im Sinne von Je-desto-Beziehungen (PK-N 10). • auch: beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen) (PK-T 2). • dokumentieren unter Nutzung von Zeichnung und Sprache auf Arbeitsblättern (PK-N 8).	Versuche werden durchgeführt, um vermutete Zusammenhänge zu überprüfen. In diesem Fall werden mit der Lehrkraft gemeinsam die Bedingungen eines fairen Versuchs entwickelt, sodass es sich um ein kontrolliertes Experiment im Sinne der Naturwissenschaften handelt. Die durch Beobachtungen gesammelten Daten sind die Basis für Schlussfolgerungen. Auch in der Technik werden Versuche bzw. Experimente durchgeführt, um vermutete Zusammenhänge, die Funktionsweisen zugrunde liegen, zu überprüfen. Das Beschreiben allgemeiner technischer Zusammenhänge und zugrunde liegender naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ist das Ziel vieler Untersuchungen. Je-desto-Beziehungen sind eine Form einer qualitativen Generalisierung, die auf dem Vergleich mehrerer Beobachtungen beruht. Das Dokumentieren ist wichtig, um Beobachtetes bzw. Hergestelltes festhalten, mitteilen und vergleichen zu können. Dabei können sich Text und Zeichnung ergänzen.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Schülerinnen und Schüler wiederholen, auf welche Weise sie in der vorangegangenen Sequenz ihren Modellturm stabil gemacht haben. Die Lehrkraft führt die Begriffe „Standfläche“, „Gewicht“ und „Stützen“ ein. Durch kontrollierte Experimente, die gemeinsam mit den Kindern entwickelt werden, wird der Zusammenhang zwischen Standfläche bzw. Gewicht und Stabilität untersucht. Das Ergebnis wird an der Tafel festgehalten. Die Schülerinnen und Schüler dokumentieren die Ergebnisse auf zwei Arbeits-

blättern, bevor in dieser Sequenz eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt werden.

Organisatorische Hinweise

Die Schülerinnen und Schüler arbeiten beim Experimentieren zu viert. Das Demonstrationsmaterial der Lehrkraft muss dabei mitbenutzt werden und das Material muss zwischen den Gruppen ausgetauscht werden.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Theaterkreis 15 min	Einstieg Die in der vorherigen Sequenz stabilisierten Türme der SuS stehen in der Mitte des Theaterkreises (Alternative: Fotos der Türme). LK: <i>Ihr habt verschiedene Möglichkeiten gefunden, euren Modellturm stabil zu machen.</i> Die SuS beschreiben, welche Möglichkeiten sie genutzt haben, um ihren Turm zu stabilisieren. Mögliche Äußerungen der SuS: ..., weil wir den Boden unten breiter gemacht haben. ..., weil wir ihn unten schwerer gemacht haben mit Knete. ..., weil wir ihn abgestützt haben mit Stäben. LK: <i>Am Ende der letzten Stunde haben wir gesammelt, wie ihr euren Turm stabiler gemacht habt.</i> Die Ergebnisse werden wiederholt (Satzstreifen „Wir haben den Turm unten schwerer gemacht.“, „Wir haben den Boden unterm Turm größer gemacht.“ und „Wir haben den Turm abgestützt.“ zeigen). Die LK führt die Begriffe „Standfläche“, „Gewicht“ und „Stützen“ ein (Begriffskarten zeigen) und lässt die Standfläche, die Stützen bzw. das zusätzlich angebrachte Gewicht bei verschiedenen Schülerkonstruktionen zeigen. LK: <i>Vergleicht die Türme miteinander. Welche Türme wurden unten schwerer gemacht? Welche haben eine größere Standfläche? Welche haben Stützen?</i> Die von den SuS stabilisierten Türme (oder Fotos davon) werden den passenden Satzstreifen zugeordnet.	- stabilisierte Türme der SuS - ggf. Fotos der Türme der SuS - ausgefüllte AB „Wir machen einen Turm stabil“ (aus Sequenz 1) 3 Satzstreifen mit Ergebnissen (aus Sequenz 1) - Begriffskarten „Standfläche“, „Gewicht“, „Stützen“
Theaterkreis 10 min	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Heute werden wir mit Experimenten untersuchen, 1. ob eine große Standfläche den Turm stabiler macht als eine kleine Standfläche und 2. ob viel Gewicht unten den Turm stabiler macht als wenig Gewicht. (Begriffskarten „Standfläche“, „Gewicht“ und „stabil“ zeigen; Begriffskarte „Stützen“ weglegen).</i> LK: <i>Als Erstes überprüfen wir, ob ein Turm mit einer großen Standfläche stabiler ist als ein Turm mit einer kleinen Standfläche. Wie müssen die beiden Türme für unser Experiment aussehen? (Begriffskarte „Gewicht“ zunächst weglegen.)</i>	Begriffskarten „Standfläche“, „Gewicht“, „Stützen“, „stabil“

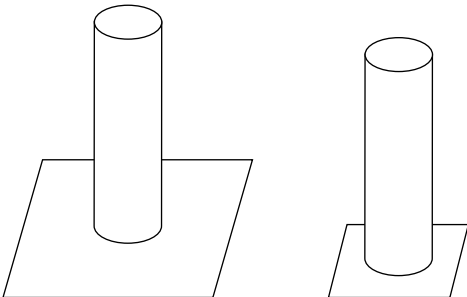


Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Mögliche Äußerungen der SuS: • Die Türme müssen gleich hoch und gleich schwer sein. • Bei einem Turm muss die Standfläche ganz groß sein und bei einem anderen nur ganz klein. LK: <i>Hier haben wir zwei gleich hohe und gleich schwere Türme mit unterschiedlich großen Standflächen</i> (große und kleine Standfläche zeigen). <i>Welcher Turm ist stabiler?</i> (Die SuS vermuten, die LK notiert die Vermutung auf einem Satzstreifen.) LK: <i>Wie lässt sich unsere Vermutung überprüfen?</i> (LK sammelt Vorschläge der SuS). LK: <i>Es ist sehr schwer, wie in der letzten Stunde einen Föhn so zu halten, dass es für beide Türme gerecht/fair ist. Damit wir beide Türme gleichzeitig und mit dem gleichen Abstand bewegen können, nehmen wir dazu einen solchen Stab</i> (zeigen). <i>Damit drücken wir wie der „Sturm“ oben gegen die Türme.</i>  Die LK stellt die Türme auf ein DIN-A3-Blatt (sonst rutschen sie weg!) und drückt mit dem Holzstab dagegen, bis der Turm mit der kleinen Standfläche umfällt. Dann bewegt sie den Stab weiter, bis der zweite Turm umfällt. Die SuS beobachten, wie weit jeder Turm nach vorne gekippt werden kann, bis er umfällt. Mögliche Äußerungen der SuS: • Der Turm mit der kleinen Standfläche ist ganz schnell umgefallen. • Beim anderen Turm konntest du länger kippen, der war schräger, bevor er umgefallen ist. • Den Turm mit der großen Standfläche konnte man schräger kippen. Die LK zeigt nun zwei Türme mit unterschiedlich schweren Füßen (schwer und leicht) und lässt die SuS das unterschiedliche Gewicht spüren. LK: <i>Welche Vermutung können wir mit diesen beiden Türmen überprüfen?</i> („Der Turm, der unten schwerer ist als der andere, kippt nicht so schnell.“; die LK notiert die Vermutung.)	• 2 Türme auf unterschiedlich großen Standflächen • leerer Satzstreifen und Stift • 1 kurzer Holzstab • 1 DIN-A3-Blatt • 2 Türme mit unterschiedlich schweren Füßen (gelb und rot markiert) • leerer Satzstreifen und Stift



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	LK: <i>Führt die Versuche zur Überprüfung unserer Vermutungen nun selber durch. Arbeitet genauso, wie ich es vorgemacht habe.</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 1. Führt die Versuche selber durch. 2. Zeichnet die Versuche auf.	• ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift
Gruppenarbeit 15 min	Erarbeitung In Vierergruppen führen die SuS die beiden Versuche durch. Die Türme müssen zwischendurch getauscht werden. Die SuS skizzieren die Versuche auf einem DIN-A4-Blatt.	• 4x2 Türme auf unterschiedlich großen Standflächen • 8 kurze Holzstäbe • 8 DIN-A3-Blätter • 4x2 Türme mit unterschiedlich schweren Füßen (gelb und rot markiert) • leere DIN-A4-Blätter
Theaterkreis 20 min	Reflexion a) Versuch zur Standfläche: Die LK stellt die beiden gleich hohen und gleich schweren Türme mit unterschiedlich großen Standflächen (klein und groß) in die Mitte des Theaterkreises (auf ein DIN-A3-Blatt) und legt den entsprechenden Satzstreifen mit der Vermutung dazu. LK: <i>Was haben wir mit diesem Versuch über die Standfläche und die Stabilität von Türmen herausgefunden?</i> Die SuS berichten. LK: <i>Was passiert, wenn ich einen dritten Turm dazunehme?</i> Die LK führt den Versuch dieses Mal mit drei Türmen auf unterschiedlich großen Standflächen (klein, mittel und groß) durch. LK: <i>Forscherinnen und Forscher versuchen immer, allgemeine Antworten und Ergebnisse zu finden. Dafür benutzen sie z. B. die Wörter „je“ und „desto“ (Sprachhilfen zeigen). Bilde aus unserem Ergebnis Sätze mit „je ...“ und „desto ...“.</i> Ergebnis Je größer die Standfläche ist, desto stabiler ist der Turm. Die LK notiert das Ergebnis.	• 3 Türme auf unterschiedlich großen Standflächen • 1 Satzstreifen mit Vermutung • 1 kurzer Holzstab • 1 DIN-A3-Blatt • 2 Sprachhilfen • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	b) Versuch zum Gewicht unten am Turm: Die LK stellt die beiden gleich hohen Türme mit gleicher Standfläche und unterschiedlich schweren Füßen (gelb und rot markiert) (leicht und schwer) in die Mitte des Theaterkreises und legt den entsprechenden Satzstreifen mit der Vermutung dazu. LK: <i>Was haben wir mit diesem Versuch herausgefunden?</i> Die SuS berichten. Die LK führt den Versuch mit drei unterschiedlich schweren Füßen bei den Türmen (leicht, mittel und schwer) durch. LK: <i>Bildet wieder einen „Je-desto-Satz“.</i> Ergebnis Je mehr Gewicht unten ist, desto stabiler ist der Turm. Die LK notiert das Ergebnis. LK: <i>Worauf müssen nun also Architekten achten, wenn sie einen stabilen Turm bauen wollen?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: - dass die Standfläche ganz groß ist. - dass der Turm unten ganz schwer ist. LK: <i>Wie können wir aufzeichnen, was wir herausgefunden haben (möglichst einfach, mit Bleistift, von vorne [Draufsicht], ggf. beschriftet?)</i> Gemeinsam wird eine Beispielskizze an der Tafel erstellt (hier mit unterschiedlich großer Standfläche). 	3 Türme mit unterschiedlich schweren Füßen (gelb, blau und rot markiert) 1 Satzstreifen mit Vermutung - leerer Satzstreifen und Stift/ Tafel und Kreide - Tafel und Kreide
Einzelarbeit 15 min	Vertiefung Die SuS bearbeiten zwei Arbeitsblätter („Wir machen einen Turm stabiler – Standfläche vergrößern“ und „Wir machen einen Turm stabiler – mehr Gewicht unten“) in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe (☐☐ ☐☐☐ ☐☐☐☐). Sie schreiben die zugehörigen „Je-desto-Sätze“ auf das jeweilige Arbeitsblatt.	- AB „Wir machen einen Turm stabiler – Standfläche vergrößern“ - AB „Wir machen einen Turm stabiler – mehr Gewicht unten“



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Unterrichtsgespräch 5 min	Hausaufgabe SuS, die zu Hause Wanderstöcke haben, sollen diese zur nächsten Stunde mitbringen.	
Unterrichtsgespräch 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir vergleichen</i> die Türme miteinander (Welche Türme wurden unten schwerer gemacht? Welche haben eine größere Standfläche? Welche haben Stützen?) • <i>Wir vermuten</i> – welcher Turm kippt leichter? • <i>Wir überprüfen</i> unsere Vermutung mit einem Experiment. • <i>Wir besprechen</i>, wie das Experiment aussehen soll. • <i>Wir planen</i> faire Bedingungen für das Experiment. • <i>Wir beobachten</i>, wie weit jeder Turm nach vorne gekippt werden kann, bis er umfällt. • <i>Wir zeichnen</i> das Experiment auf. • <i>Wir besprechen</i>, was wir herausgefunden haben. • <i>Wir schreiben ein Ergebnis auf</i>. • <i>Wir zeichnen</i> auf, was wir herausgefunden haben.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	<i>mehrere</i>	<i>stabilisierte Türme der SuS (Alternative: Fotos der Türme)</i>
	3	<i>Satzstreifen mit Ergebnissen (aus Sequenz 1)</i>
	1	Turm auf kleiner Standfläche
	1	Turm auf großer Standfläche
	1	Turm auf mittelgroßer Standfläche
	1	Turm mit leichtem Fuß (gelb markiert)
	1	Turm mit schwerem Fuß (rot markiert)
	1	Turm mit mittelschwerem Fuß (blau markiert)
	1	<i>DIN-A3-Blatt</i>
	1	kurzer Holzstab (15 x 15 x 400 mm)
	<i>ggf.</i>	<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>ggf. 1</i>	<i>Plakat und Stift</i>
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

(die Demonstrationsmaterialien müssen ggfs. mitbenutzt werden für die Versuche der Schülerinnen und Schüler, wenn die Klasse aus 32 Kindern besteht)

✓	Stückzahl	Material
	4	Türme auf kleiner Standfläche
	4	Türme auf großer Standfläche
	4	Türme mit leichtem Fuß (gelb markiert)
	4	Türme mit schwerem Fuß (rot markiert)
	8	DIN-A3-Blätter
	8	kurze Holzstäbe (15 x 15 x 400 mm)

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	mehrere	ausgefüllte AB „Wir machen einen Turm stabil“ (aus Sequenz 1)
	4	Begriffskarten („Standfläche“, „Gewicht“, „Stütze“ und „stabil“)
	2	Sprachhilfen („Je ...“ und „desto ...“)
	Schüleranzahl	DIN-A4-Blätter
	Schüleranzahl	AB „Wir machen einen Turm stabiler – Standfläche vergrößern“ (in drei Schwierigkeitsstufen;   )
	Schüleranzahl	AB „Wir machen einen Turm stabiler – mehr Gewicht unten“ (in drei Schwierigkeitsstufen;   )
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir vergleichen“, „Wir vermuten“, „Wir planen“, „Wir überprüfen“, „Wir beobachten“, „Wir besprechen etwas“, „Wir zeichnen“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“)

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Türme mit unterschiedlich großen Standflächen und unterschiedlich schweren Füßen kippen



Abb. 1: Zwei Türme mit unterschiedlich schweren Füßen.



Abb. 2: Zwei Türme auf unterschiedlich großen Standflächen.

Material:

- 2 Türme auf unterschiedlich großen Standflächen (klein und groß)
- 2 Türme mit unterschiedlich schweren Füßen (gelb und rot markiert) (leicht und schwer)
- 1 DIN-A3-Papier
- 1 kurzer Holzstab (15 x 15 x 400 mm)

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

1. Versuch

Die Schülerinnen und Schüler stellen zwei gleich große Türme auf unterschiedlich großen Standflächen auf ein DIN-A3-Papier. Sie nehmen den Holzstab und kippen beide Türme, bis einer umfällt. Anschließend kippen sie den anderen Turm mit dem Holzstab weiter, bis auch dieser umfällt.

2. Versuch

Die Schülerinnen und Schüler stellen zwei gleich große, aber unterschiedlich schwere Türme auf ein DIN-A3-Papier. Sie nehmen den Holzstab und kippen beide Türme, bis einer umfällt. Anschließend kippen sie den anderen Turm mit dem Holzstab weiter, bis auch dieser umfällt.

Hintergrund:

Die Standfestigkeit eines Turms wird durch seitlich einwirkende Kräfte beeinträchtigt. Die Stabilität kann dabei durch Vergrößerung der Standfläche oder durch zusätzliche Masse am Fuß des Turms oder auf der Standfläche erhöht werden.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass das Gewicht und die Größe der Standfläche eines Turms die Stabilität eines Turms beeinflussen. Je mehr Gewicht der Turm unten hat und je größer die Standfläche ist, desto stabiler ist der Turm.

Organisation:

- Vierergruppen
- Wechsel der Türme zwischen den Gruppen

Sequenz 3: Wir entdecken bei Gegenständen aus unserem Alltag, was sie stabil macht.

Zeitraumen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - nennen Alltagsgegenstände bzw. Situationen, bei denen die verschiedenen Prinzipien zur Verbesserung der Standfestigkeit genutzt werden (Vergrößerung der Standfläche, Beschwerung des Gegenstands unten oder Abstützen des Gegenstands) (IK 3). - geben an, dass die Standfestigkeit von technischen Gebilden (z. B. eines Turms) bei seitlich einwirkender Kraft auch durch Stützen am Fuß des Turms erhöht werden kann (IK 3).	Mehr Stabilität kann man durch Vergrößerung der Standfläche, Beschwerung des Gegenstands (hier des Turms) unten sowie durch breites Abstützen des Gegenstands erreichen. Bei vielen technischen Gegenständen werden diese Prinzipien auch kombiniert. Auch Stützen vergrößern die Standfläche eines Gegenstands, wobei Materialökonomie und situative Bedingungen Berücksichtigung finden können (wenn z. B. für eine vergrößerte Standfläche kein Platz ist).
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - führen einfache Versuche oder Experimente durch (PK-N 5). - beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen) (PK-T 2). - auch: formulieren Generalisierungen im Sinne von Je-desto-Beziehungen (PK-N 10). - benennen Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Beobachtungen, Ereignissen und Objekten und nehmen Ordnungen nach unterschiedlichen Kriterien vor (PK-N 9). - untersuchen einfache technische Gegenstände mit sichtbaren Elementen (PK-T 2).	Versuche bzw. Experimente werden durchgeführt, um Fragen zu beantworten. Die durch Beobachtung gesammelten Daten sind die Basis für Schlussfolgerungen. Das Beschreiben allgemeiner technischer Zusammenhänge und zugrunde liegender naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ist das Ziel vieler Untersuchungen. Je-desto-Beziehungen sind eine Form einer qualitativen Generalisierung, die auf dem Vergleich mehrerer Beobachtungen beruht. In dieser Sequenz bestimmen die Schülerinnen und Schüler die bei Alltagsgegenständen genutzten Prinzipien der Standfestigkeit. Durch Vergleich der technischen Gegenstände gelingt ihnen das Zuordnen der Alltagsgegenstände zu technischen Prinzipien. Die Analyse technischer Gegenstände, in dieser Sequenz mit sichtbaren Elementen, lässt die Funktionsweise des technischen Gegenstands erkennen.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Schülerinnen und Schüler erinnern sich an die vorherige Sequenz und nennen die Vergrößerung der Standfläche und das Anbringen von Gewicht unten am Turm als Stabilisierungsmaßnahmen. Die Lehrkraft weist auf eine dritte Möglichkeit hin – Stützen anbringen –, die (vermutlich) von den Kindern ebenfalls beim Bauen der Türme benutzt wurde.

Die Schülerinnen und Schüler nennen Beispiele für Stützen aus dem Alltag und stellen sich in verschiedenen Positionen hin, sodass sie überprüfen können, wie sie selbst stabil stehen. Sie erkennen Stabilisierungsmaßnahmen auf Fotos von Alltagsgegenständen und begründen ihre Zuordnung. Am Ende der Sequenz werden eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

In der Unterrichtsphase zur Reflexion und Vertiefung können alle Bildkarten verwendet werden. Alternativ kann nur eine Auswahl zum Einsatz kommen, um die Phase zu verkürzen. Die Lehrkraft sollte in diesem Fall vorher eine Auswahl treffen.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 5 min	Einstieg LK: <i>In der letzten Stunde haben wir zwei Möglichkeiten, einen Turm stabiler zu machen, genauer untersucht.</i> Die SuS beschreiben die Vergrößerung der Standfläche und das Anbringen von Gewicht unten am Turm als Möglichkeiten.	
Sitzkreis 5 min	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Ihr habt euren Turm auch noch auf andere Weise stabil gemacht.</i> Die LK stellt Türme (oder Fotos der Türme) der SuS in die Mitte, die mit Stützen stabiler gemacht wurden. Dazu legt sie den Satzstreifen mit dem Ergebnis („Wir haben den Turm abgestützt.“) aus der ersten Sequenz. (Ggf. Unterschied zwischen Standfläche und Stützen erläutern). LK: <i>Heute wollen wir diese Möglichkeit genauer untersuchen.</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) LK: Dazu stellen wir uns vor: Ihr seid jetzt ein Turm und probiert aus, wie ihr am stabilsten steht. Eine Partnerin oder ein Partner spielt den Sturm und stößt euch vorsichtig an. Spielregeln werden gemeinsam festgelegt (vorsichtig anstoßen, nur von der Seite stoßen, nicht dagegen drücken ...)	• ausgewählte stabilisierte Türme der SuS (alternativ: Fotos) (aus Sequenz 1) • Satzstreifen mit Ergebnis (aus Sequenz 1) • ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift
Partnerarbeit 10 min	Erarbeitung Die SuS probieren in Partnerarbeit verschiedene Positionen aus und überprüfen, wie stabil sie dabei jeweils stehen. Die Partner wechseln sich ab. Tippkarten mit verschiedenen Positionen liegen bereit. Wenn dieser Versuch in einer Gruppe nicht funktioniert, kann die LK den Hinweis geben, dass nur in die Richtung gedrückt werden darf, in die stabilisiert wurde (ggf. macht sie es an einer Schülerin oder einem Schüler vor).	• 4 Tippkarten
Theaterkreis 15 min	Reflexion/Vertiefung LK: <i>Was habt ihr beobachtet oder gespürt?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Wenn man mit den Beinen eng zusammensteht, dann ist man ganz wackelig, sind die Beine auseinander, kippt man nicht so schnell. • Wenn man mit den Beinen auseinander dasteht, dann fällt man nicht so leicht um. • Am besten geht es, wenn man ganz breit steht.	



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	LK: <i>Was passiert, wenn ich von vorne drücke (vorsichtig vormachen)?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Das Stabile ist nur von der Seite. • Wenn man noch zwei Beine mehr hätte, vorne und hinten, dann wäre das besser. Die SuS bemerken, dass man nur in Richtung der gespreizten Beine stabiler steht. Die LK zeigt zwei Bildkarten („Stehen im Bus“ und „Karate“). LK: <i>Wie stehen die Menschen auf den Bildern?</i> Die SuS beschreiben, wie sich die Menschen hinstellen, wenn sie sich möglichst gut abstützen wollen (versetztes und gespreiztes Stehen). Die LK zeigt eine Bildkarte („Wanderer mit Stöcken“), um zu zeigen, wie sich Menschen beim Wandern mit Stöcken abstützen. Mögliche Äußerungen der SuS: • Man kann Stöcke zu Hilfe nehmen. • Die Stöcke sind wie noch zwei Beine. • So steht und geht man stabiler. Wenn SuS oder die LK Wanderstöcke mitgebracht haben, können die SuS diese ausprobieren. Zwischenergebnis Wir Menschen stehen am stabilsten, wenn wir unsere Beine weit auseinanderstellen. Zusätzliche Stützen machen uns noch stabiler. LK: <i>Vergleicht das mit unserem stabilen Turm.</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Die Stützen sind wie unsere Beine. • Die Stützen machen den Turm genauso stabil wie die Beine beim Menschen, wenn er breit steht. • Die Stützen beim Turm müssen aber ganz rumgehen. Die LK erarbeitet mit den SuS, dass die Menschen und die Türme nur zu der Seite stabil sind, wo sie abgestützt sind. Sie legt die Satzstreifen mit den Ergebnissen aus der letzten Sequenz in den Kreis. • Je größer die Standfläche ist, desto stabiler ist der Turm. • Je mehr Gewicht unten ist, desto stabiler ist der Turm.	• 3 Bildkarten A „Stehen im Bus“, „Karate“ und „Wanderer mit Stöcken“ • ggf. Wanderstöcke • Satzstreifen mit Ergebnissen (aus Sequenz 2)



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Die SuS formulieren das Ergebnis. Ergebnis Je breiter der Turm in alle Richtungen abgestützt ist, desto stabiler ist er. Die LK notiert das Ergebnis.	• leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Theaterkreis 15 min	Transfer LK: <i>Auf diesen Karten stehen die drei Arten, wie wir etwas stabiler machen können: „große Standfläche“, „Gewicht unten“ und „breites Abstützen“ (Begriffskarten zeigen und unter die Begriffskarte „stabil“ in einem Dreieck angeordnet an die Tafel heften [Die Anordnung im Dreieck wird im Lauf der Sequenz zur Nutzung von Zuordnungen benötigt.]).</i> LK: <i>Ihr seht hier nun verschiedene Abbildungen von Gegenständen, Maschinen und Bauwerken (Bildkarten zeigen).</i> <i>Nehmt zu zweit eine Bildkarte und besprecht: Wodurch wird der Gegenstand auf dem Bild stabil? Ist es die große Standfläche? Ist es Gewicht unten? Ist es das breite Abstützen? Wenn ihr euch einig seid, heftet das Bild zur passenden Karte an die Tafel. Erklärt den anderen SuS, warum ihr es so zuordnet.</i> Die SuS heften die Bildkarten an die Tafel und begründen dabei ihre Zuordnung. Dabei wird geklärt, dass bei vielen Gegenständen die Stabilität sowohl durch unten angebrachtes Gewicht als auch durch eine große Standfläche erzeugt wird (z. B.: Straßenschild, Basketballständer). (Ggf. LK: <i>Wo heften wir die Karten von Gegenständen hin, die auf zwei Arten stabilisiert werden? Vorschlag: Zwischen die jeweiligen Begriffskarten</i>) Die Ecken des Dreiecks bilden die Karten mit den Stabilisierungsarten und den eindeutigen Bildkarten. Dazwischen hängen die Bildkarten, die zu beiden Arten gehören (vgl. „Musterlösung“). 	• Begriffskarten „große Standfläche“, „Gewicht unten“, „breites Abstützen“ • Begriffskarte „stabil“ (aus Sequenz 1) • 20 Bildkarten B „stabile Gegenstände“ • Tafel und 20 Magneten/Klebestreifen • 1 Musterlösung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Einzelarbeit 10 min	Ergebnissicherung In Einzelarbeit bearbeiten die SuS das Arbeitsblatt „Was ist stabiler?“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe (□□□ □□□ □□□). <u>Differenzierung:</u> Für SuS, die fertig sind, liegt das Arbeitsblatt „Einen Gegenstand stabiler machen“ bereit.	- AB „Was ist stabiler?“ - AB „Einen Gegenstand stabiler machen“
Unterrichtsgespräch 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: <i>Wir untersuchen</i> Möglichkeiten, Türme zu stabilisieren. <i>Wir untersuchen</i> Positionen des stabilen Stehens. <i>Wir beobachten</i>, wie wir Menschen am stabilsten stehen. <i>Wir besprechen</i> verschiedene Ideen und Lösungen. <i>Wir vergleichen</i> das stabile Stehen beim Menschen mit der Stabilität von Türmen. <i>Wir schreiben ein Ergebnis auf.</i> <i>Wir dokumentieren</i> unsere Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt.	- Karten mit Forschungstätigkeiten - ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

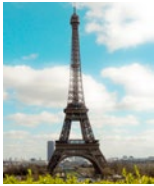
Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	<i>mehrere</i>	<i>ausgewählte stabilisierte Türme der SuS (alternativ: Fotos) (aus Sequenz 1)</i>
	<i>1</i>	<i>Satzstreifen mit Ergebnis („Wir haben den Turm abgestützt“; aus Sequenz 1)</i>
		<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>20</i>	<i>Magneten/Klebestreifen</i>
	<i>ggf. 1</i>	<i>Plakat und Stift</i>
	<i>ggf.</i>	<i>Wanderstöcke (von den SuS mitgebracht)</i>
	<i>2</i>	<i>Satzstreifen mit Ergebnissen (aus Sequenz 2)</i>
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	4	Tippkarten
	3	Bildkarten A („Stehen im Bus“, „Karate“ und „Wanderer mit Stöcken“)
	3	Begriffskarten („Gewicht unten“, „große Standfläche“ und „breites Abstützen“)
	1	Begriffskarte („stabil“; aus Sequenz 1)
	20	Bildkarten B „stabile Gegenstände“
	1	Musterlösung
	Schüleranzahl	AB „Was ist stabiler?“ (in drei Schwierigkeitsstufen; )
	Schüleranzahl	AB „Einen Gegenstand stabiler machen“
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir untersuchen“, „Wir beobachten“, „Wir besprechen etwas“, „Wir vergleichen“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“ und „Wir dokumentieren“)
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Der Baum“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Der Hürdenlauf“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Der Wäscheständer“

Musterlösung zu Bildkarten B

	breites Abstützen	Gewicht unten	große Standfläche
Kamera auf Stativ 			
Kranwagen 			
Notenständer 			
Kinderfahrrad 			
Eiffelturm 			
Weinglas 			
Vase 			



	breites Abstützen	Gewicht unten	große Standfläche
Slalomstangen 		✓	✓
Gartentisch 	✓		
Hocker 	✓		
Staffelei 	✓		
Flasche 		✓	
Tisch 		✓	✓
Basketballständer 	✓	✓	✓



	breites Abstützen	Gewicht unten	große Standfläche
Fahrrad 			
Baustellenschild 			
Statue 			
Kartenhalter 			
Buchstützen 			
Kerzenständer 			

5.3.2 Unterrichtseinheit 2: Wir konstruieren ein Mobile. (Themenbereich „Stabilität und Gleichgewicht“)

Sequenz 1: Wir erkunden, wie ein Mobile funktioniert.

Zeitraumen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • beschreiben, dass ein frei drehbar aufgehängter Stab durch Verschieben oder Hinzufügen von Gewichten in eine waagerechte Lage gebracht werden kann (IK4). • beschreiben, dass bei Verlängerung eines Hebelarms weniger Gewicht und bei Verkürzung eines Hebelarms mehr Gewicht notwendig ist, um die waagerechte Lage (wieder-)herzustellen (IK4).	Ein zweiseitiger Hebel (ein Stab, der sich um einen Drehpunkt bewegt) richtet sich waagerecht aus, wenn die Drehmomente (Kraft mal Kraftarm und Last mal Lastarm) gleich groß sind. Durch Verschieben des am Hebel hängenden Gewichts verändert sich der Kraft- bzw. Lastarm.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • führen Fertigungsprozesse nach eigener Planung durch (PK-T 1). • sind in der Lage, einfache technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, entsprechende Lösungsansätze zu entwerfen und zu realisieren (PK-T 1). • vermitteln, diskutieren und dokumentieren Ideen für technische Lösungen verständlich, unter Nutzung von Sprache, Zeichnung oder Demonstration (PK-T 4).	Die Herstellung technischer Gegenstände muss geplant und vorbereitet werden. Ist mit der Aufgabe eine Problemstellung verbunden, so ist deren Schwierigkeit zu erfassen und es sind Lösungen zu entwerfen, zu realisieren und zu überprüfen. Der Entwurf von technischen Lösungen kann mit verschiedenen Medien begleitet und unterstützt werden. Zusätzlich zur Sprache können dafür (beschriftete) Zeichnungen und Skizzen sowie gestische Demonstrationen genutzt werden.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen am Beispiel eines Mobiles die Funktionsweise eines zweiseitigen Hebels. Die Lehrkraft führt die Begriffe „Drehpunkt“, „Arm“, „waagerecht“ und „Gleichgewicht“ ein. Die Schülerinnen und Schüler stellen Vermutungen an, wie sie einen Mobilestab mit unterschiedlich vielen Pappscheiben (wieder) in eine waagerechte Lage bringen können. Sie zeichnen einen Plan und überprüfen ihre Vermutungen, indem sie das gezeichnete Mobile bauen und mit ihrem Plan vergleichen. Am Ende der Sequenz werden die eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Das Arbeitsblatt „Ein Mobile planen und bauen“ kann für die Erarbeitung geknickt werden, damit die Schülerinnen und Schüler zunächst wirklich nur einen zu ihrer Vermutung passenden Plan zeichnen.

Das Mobile lässt sich besonders gut bauen, wenn der Aufhängefaden mithilfe von Klebestreifen oder einem Buch z. B. an einer Tischkante befestigt wird und der Stab frei hängt. Werden die Mobiles mit Magneten an der Tafel befestigt, lassen sie sich einfacher abzeichnen.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Unterrichtsgespräch 5 min	Einstieg Die LK zeigt als stummen Impuls ein Mobile oder die Bildkarten „Mobile“. (Ggf. LK: <i>Was seht ihr auf diesen Bildern?</i>) Mögliche Äußerungen der SuS: • Das kann sich drehen. • Das muss schön im Gleichgewicht sein. • Der Wind (die Luft) bewegt das. LK: <i>In der nächsten Zeit wollen wir selber ein Mobile bauen (Begriff klären: Mobile von mobil = beweglich). Deswegen untersuchen wir heute genau, wie ein Mobile funktioniert.</i>	• 1 Mobile oder 2 Bildkarten „Mobile“
Unterrichtsgespräch 20 min	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Was braucht man für ein Mobile?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Man braucht Gegenstände, die daran hängen können. • Zum Aufhängen braucht man Fäden und Schnüre. • Es gibt auch immer einen Stab, an dem etwas hängen kann. LK: <i>Ihr habt gesagt, dass man einen Stab (zeigen) braucht. Wie muss der hängen? Warum muss der so „gerade“ hängen? (Ein Stab für ein Mobile muss möglichst „gerade“ hängen, sonst fallen die Figuren ab.)</i> LK: <i>Diese Lage (Stab waagerecht in die Luft halten) nennt man „waagerecht“ (Begriffskarte zeigen). Was ist in unserer Klasse noch waagerecht? (Wände, Tische, Boden, Bänke, Stühle ...)</i> Die LK befestigt einen Stab mit Aufhängung an der Tafel (freie Drehbarkeit ist an dieser Stelle nicht wichtig). Sie führt die Begriffe „Drehpunkt“ und „Arm“ am Stab ein (Begriffskarten zeigen). LK: <i>Wenn der Stab sich nicht bewegt, sagt man: Er ist im „Gleichgewicht“ (Begriffskarte zeigen). Wenn er auch noch gerade ist, sagen wir: Der Stab ist waagerecht. Wenn ich ihn anstupse, pendelt er sich ein, bis er wieder ruhig waagerecht hängt.</i> LK: <i>Was wird passieren, wenn ich diese Pappscheibe (zeigen) nun an einen Arm des Stabs hänge? (Beschwerter Arm kippt nach unten.)</i> (Ggf. LK: <i>Wieso denkt ihr das?</i>) LK: <i>Zeichnet an die Tafel, wie ihr euch das denkt.</i>	• 1 langer Mobilestab • Begriffskarte „waagerecht“ • Tafel • 1 Magnethaken • Begriffskarten „Drehpunkt“ und „Arm“ • Begriffskarte „Gleichgewicht“ • 1 Pappscheibe



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Theaterkreis 5 min	Reflexion Ausgewählte Mobiles der SuS werden an der Tafel aufgehängt. LK: <i>Wie habt ihr es geschafft, dass der Stab eures Mobiles waagerecht hängt?</i> Ergebnis Die beiden Pappscheiben müssen auf dem Arm so lange zum Drehpunkt oder vom Drehpunkt weg verschoben werden, bis der Stab waagerecht ist. Die LK notiert das Ergebnis.	• 3 Mobiles der SuS • 3 Magnethaken • ggf. das ausgefüllte AB „Ein Mobile planen und bauen“ der SuS • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Theaterkreis 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir vermuten</i>, was passieren wird, wenn wir eine Pappscheibe an einen Arm des Stabs hängen. • <i>Wir zeichnen</i> die schiefe Lage an der Tafel ein. • <i>Wir überprüfen</i> die Vermutung, wie wir den Stab wieder waagerecht machen können. • <i>Wir untersuchen und beobachten</i>, in welche Richtung auf dem Stab wir die Pappscheibe verschieben müssen, um den Stab wieder waagerecht zu machen. • <i>Wir vermuten</i>, was durch das Verschieben passiert. • <i>Wir planen</i> unser Mobile. • <i>Wir zeichnen</i> unser geplantes und gebautes Mobile. • <i>Wir überlegen eine Lösung</i> zu der Aufgabe, an einen Arm eine zweite Scheibe zu hängen. • <i>Wir bauen ein Mobile</i> mit drei Scheiben. • <i>Wir vergleichen</i> unser gebautes Mobile mit unserem Plan. • <i>Wir besprechen</i> unsere gebauten Mobiles und geben Veränderungsvorschläge für eigene und fremde Mobiles. • <i>Wir verbessern</i> unsere Mobiles. • <i>Wir schreiben ein Ergebnis auf</i>.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	<i>Mobile</i>
	1	langer Mobilestab
	3	Magnethaken
	2	Pappscheiben
		Tafel und Kreide
	<i>ggf. 1</i>	<i>Plakat und Stift</i>
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

(die Demonstrationsmaterialien müssen ggfs. mitbenutzt werden für die Versuche der Schülerinnen und Schüler, wenn die Klasse aus 32 Kindern besteht)

✓	Stückzahl	Material
	16	lange Mobilestäbe
	48	Pappscheiben

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	2	Bildkarten „Mobile“
	4	Begriffskarten („waagrecht“, „Drehpunkt“, „Arm“ und „Gleichgewicht“)
	Schüleranzahl	AB „Ein Mobile planen und bauen“ (in zwei Schwierigkeitsstufen;  )
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir vermuten“, „Wir zeichnen“, „Wir untersuchen“, „Wir beobachten“, „Wir überprüfen“, „Wir planen“, „Wir erkennen ein Problem“, „Wir überlegen eine Lösung“, „Wir bauen“, „Wir vergleichen“, „Wir besprechen etwas“, „Wir verbessern“ und „Wir schreiben ein Ergebnis auf“)

Sequenz 2: Wir erweitern das Mobile.

Zeitraumen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • beschreiben, dass ein frei drehbar aufgehängter Stab durch Verschieben oder Hinzufügen von Gewichten in eine waagerechte Lage gebracht werden kann (IK 4). • beschreiben, dass bei Verlängerung eines Hebelarms weniger Gewicht und bei Verkürzung eines Hebelarms mehr Gewicht notwendig ist, um die waagerechte Lage (wieder-)herzustellen (IK 4).	Ein zweiseitiger Hebel (ein Stab, der sich um einen Drehpunkt bewegt) richtet sich waagrecht aus, wenn die Drehmomente (Kraft mal Kraftarm und Last mal Lastarm) gleich groß sind. Durch eine Veränderung der Länge des Hebelarms ist eine Anpassung des Gewichts notwendig, um die waagerechte Lage zu erhalten.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • führen Fertigungsprozesse nach eigener Planung durch (PK-T 1). • sind in der Lage, einfache technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, entsprechende Lösungsansätze zu entwerfen und zu realisieren (PK-T 1). • beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen) (PK-T 2). • auch: formulieren Generalisierungen im Sinne von Je-desto-Beziehungen (PK-N 10). • vermitteln, diskutieren und dokumentieren Ideen für technische Lösungen verständlich, unter Nutzung von Sprache, Zeichnung oder Demonstration (PK-T 4). • vergleichen und bewerten technische Problemlösungen im Hinblick auf den technischen Zweck (Mobile mit möglichst waagerechten Stäben), Materialökonomie und Originalität (PK-T 3). • auch: bewerten die Qualität ihrer Arbeiten und die der Arbeiten ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler (PK-N 12).	Die Herstellung technischer Gegenstände muss geplant und vorbereitet werden. Ist mit der Aufgabe eine Problemstellung verbunden, so ist deren Schwierigkeit zu erfassen und es sind Lösungen zu entwerfen, zu realisieren und zu überprüfen. Das Beschreiben allgemeiner technischer Zusammenhänge und zugrunde liegender naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ist das Ziel vieler Untersuchungen. Je-desto-Beziehungen sind eine Form einer qualitativen Generalisierung, die auf dem Vergleich mehrerer Beobachtungen beruht. Der Entwurf von technischen Lösungen kann mit verschiedenen Medien begleitet und unterstützt werden. Zusätzlich zur Sprache können dafür (beschriftete) Zeichnungen und Skizzen sowie gestische Demonstrationen genutzt werden. Technisches Handeln verfolgt das Ziel, einen angestrebten Zweck zu erreichen. Die Produkte des Handelns sind daher im Hinblick auf den angestrebten Zweck zu beurteilen. Neben diesem können als weitere Kriterien die Qualität der Ausführung, die ökonomische Materialverwendung und die Originalität der Lösung reflektiert werden. Durch das Vergleichen von technischen Problemlösungen werden Unterschiede und Besonderheiten bewusst.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Schülerinnen und Schüler vermuten, wie ein Mobilestab wieder in die waagerechte Lage gebracht werden kann, nachdem sie zusätzliche Gewichte angehängt haben (zunächst Pappscheiben, später weitere Etagen mit Pappscheiben). Sie machen eine Skizze, wie sie das Mobile erweitern wollen, und überprüfen ihre Vermutung, indem sie das Mobile bauen. Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre Mobiles, erläutern die Bauweise, beschreiben die aufgetretenen Schwierigkeiten und die gefundenen Lösungen. Am Ende der Sequenz werden die in dieser Sequenz neu eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

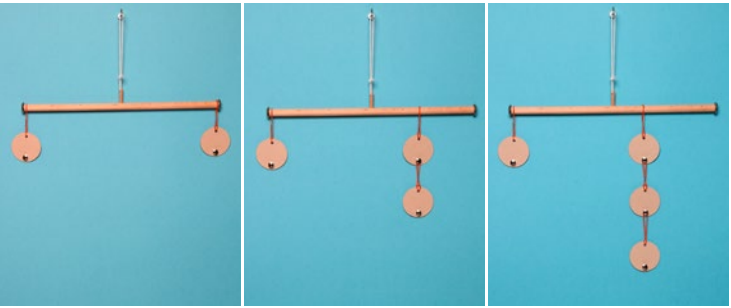
Organisatorische Hinweise

Das Mobile lässt sich besonders gut beim Bauen befestigen, wenn der Aufhängefaden mithilfe von Klebestreifen oder einem Buch z. B. an einer Tischkante befestigt wird und der Stab frei hängt. Werden die Mobiles mit Magneten an der Tafel befestigt, lassen sie sich einfacher abzeichnen.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Unterrichtsgespräch 5 min	Einstieg/Aufgabenstellung I Die LK wiederholt mit den SuS das Ergebnis der letzten Sequenz. Die LK zeigt ein Mobile mit zwei Pappscheiben an einem Arm, einer Pappscheibe am anderen Arm (aus Sequenz 1) und eine zusätzliche Pappscheibe. LK: <i>Was passiert, wenn ich diese zusätzliche Scheibe nun noch unter diese beiden Scheiben hänge (auf die Seite, auf der sich schon zwei Pappscheiben befinden)?</i> Mögliche Antworten der SuS: • Das hängt dann schief. • Das kippt. LK: <i>Was müssten wir tun, damit der Stab wieder waagerecht ist?</i> (SuS vermuten, wie die waagerechte Lage wieder hergestellt werden kann) Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 1. Zeichnet einen Plan. 2. Führt euren Plan aus. 3. Schreibt euer Ergebnis auf das Arbeitsblatt.	• Satzstreifen mit Ergebnis (aus Sequenz 1) • 1 Mobile mit einer und zwei Pappscheiben an den Armen • 1 zusätzliche Pappscheibe • ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift
Partnerarbeit 10 min	Erarbeitung I (Mobile mit drei Pappscheiben an einem Arm) Die SuS arbeiten zu zweit und bearbeiten das Arbeitsblatt „Ein Mobile mit 3 Pappscheiben an einem Arm planen und bauen“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe (□ □ □). Alternativ kann die LK die Aufgabe Schritt für Schritt mit den SuS erarbeiten.	• 64 Pappscheiben • 16 lange Mobilestäbe • AB „Ein Mobile mit 3 Pappscheiben an einem Arm planen und bauen“
Unterrichtsgespräch 10 min	Reflexion I LK: <i>Wieso habt ihr vermutet, dass euer Mobile so aussehen wird? Stimmen eure Pläne mit dem gebauten Mobile überein?</i> Die SuS begründen ihre Vermutung und vergleichen ihre Pläne (Zeichnung) mit den Mobiles, bei denen der Stab in waagerechter Lage ist. LK: <i>Vergleicht eure Ergebnisse bei einer Pappscheibe, zwei Pappscheiben und drei Pappscheiben an einem Arm. Wie verändert sich unser Mobile? (Äußerungen sammeln)</i>	• ausgefüllte AB „Ein Mobile mit 3 Pappscheiben an einem Arm planen und bauen“ der SuS • 1 Mobile mit je einer Pappscheibe an beiden Armen



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Die LK befestigt Mobiles mit je einem, mit zwei und mit drei Pappscheiben an einem Arm an der Tafel.  LK: <i>Forscherinnen und Forscher versuchen immer, allgemeine Antworten und Ergebnisse zu finden. Dafür benutzen sie z. B. die Wörter „je“ und „desto“ (Sprachhilfen). Versucht, diesen Satz zu Ende zu sprechen: Je mehr Pappscheiben, also je mehr Gewicht, ich an einen Arm des Stabs hänge, desto ...</i> (Wenn die SuS Verhältnisse/Proportionalität wie doppelt oder dreimal ansprechen, dieses aufgreifen.) Ergebnis Je mehr Gewicht ich an einen Arm des Stabs hänge, desto näher muss ich das Gewicht zum Drehpunkt des Stabs schieben, damit der Stab waagerecht hängt. Die LK notiert das Ergebnis.	• 1 Mobile mit einer und zwei Pappscheiben an den Armen • 1 Mobile mit einer und drei Pappscheiben an den Armen • 3 Magnethaken • Tafel • 2 Sprachhilfen • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Unterrichtsgespräch 5 min	Orientierung/Aufgabenstellung II LK: <i>Und wenn ich nicht nur mehr Pappscheiben, sondern eine ganze Etage an den einen Arm des Stabs hängen möchte?</i> (Einen kurzen Stab mit zwei angehängten Pappscheiben zeigen, Vorschläge sammeln und Begriff „Etage“ klären.) LK: <i>Und wenn wir noch einen kurzen Mobilestab anhängen möchten?</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 4. Euer Mobile soll eine oder zwei weitere Etagen und 5 Pappscheiben haben. 5. Zeichnet einen Plan für euer Mobile. 6. Baut euer Mobile und vergleicht mit eurem Plan. 7. Zeichnet, wie euer Mobile aussieht.	• 1 langer Mobilestab und vier Pappscheiben • 1 zusätzliche Pappscheibe • 2 kurze Mobilestäbe • ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift
Partnerarbeit 10 min	Erarbeitung II (Mobile mit mehr als einer Etage) Die SuS wählen den Schwierigkeitsgrad selbst aus und bearbeiten die Aufgabe. Dabei greifen sie ggf. auf Tippkarten zurück und füllen das Arbeitsblatt „Ein Mobile mit mehr als einer Etage planen und bauen“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe ( ) aus.	• 16 lange Mobilestäbe und je Mobilestab vier Pappscheiben • zusätzliche 16 Pappscheiben



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Den Tippkarten lassen sich verschiedene Lösungsmöglichkeiten für diese Aufgabe entnehmen.	• 32 kurze Mobilestäbe • 4 Tippkarten • AB „Ein Mobile mit mehr als einer Etage planen und bauen“
Theaterkreis 5 min	Reflexion II (Mobile mit mehr als einer Etage) Die LK lässt ausgewählte Mobiles an die Tafel hängen (Magnethaken). Die SuS erläutern die Bauweise, beschreiben die Schwierigkeiten, die aufgetreten sind, und wie sie diese gelöst haben.	• 3 Magnethaken • ausgefüllte AB „Ein Mobile mit mehr als einer Etage planen und bauen“ der SuS • Mobiles der SuS
Theaterkreis 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir vergleichen</i> Mobiles mit einer, zwei und drei Pappscheiben an einem Arm. • <i>Wir vermuten</i>, wie die waagerechte Lage wieder hergestellt werden kann. • <i>Wir zeichnen</i> einen Plan. • <i>Wir überprüfen</i> unseren Plan, indem wir das Mobile nach Plan bauen. • <i>Wir dokumentieren</i> unsere Lösungen auf dem Arbeitsblatt. • <i>Wir besprechen</i> unsere Vermutungen. • <i>Wir vergleichen</i> unsere Pläne und Ergebnisse. • <i>Wir schreiben ein Ergebnis</i> in Form eines Je-desto-Satzes auf. • <i>Wir erkennen ein Problem</i>, wenn an mindestens einem Arm eine weitere Etage befestigt werden soll. • <i>Wir überlegen eine Lösung</i>, wenn an mindestens einem Arm eine weitere Etage befestigt werden soll. • <i>Wir bauen</i> ein Mobile. • <i>Wir vergleichen</i> unser funktionierendes Mobile mit unserem Plan. • <i>Wir zeichnen</i> das funktionierende Mobile. • <i>Wir besprechen</i> unsere Lösungen.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	<i>Satzstreifen mit Ergebnis (aus Sequenz 1)</i>
	2	kurze Mobilestäbe
	2	Pappscheiben
	1	Mobile mit je einer Pappscheibe an beiden Armen
	1	Mobile mit einer und zwei Pappscheiben an den Armen
	1	Mobile mit einer und drei Pappscheiben an den Armen
	3	Magnethaken
	1	<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>ggf. 1 oder 2</i>	<i>Plakat(e) und Stift</i>
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

(die Demonstrationsmaterialien müssen ggf. mitbenutzt werden für die Versuche der Schülerinnen und Schüler, wenn die Klasse aus 32 Kindern besteht)

✓	Stückzahl	Material
	80	Pappscheiben (insgesamt)
	32	kurze Mobilestäbe
	16	lange Mobilestäbe

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	Schüleranzahl	AB „Ein Mobile mit 3 Pappscheiben an einem Arm planen und bauen“ (in zwei Schwierigkeitsstufen;  )
	2	Sprachhilfen („Je ...“ und „desto ...“)
	4	Tippkarten (Fotos von Mobiles mit 5 Pappscheiben und mehr als einer Etage)
	Schüleranzahl	AB „Ein Mobile mit mehr als einer Etage planen und bauen“ (in zwei Schwierigkeitsstufen;  ) (zu den möglichen Lösungen vergleiche die Tippkarten)
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir vergleichen“, „Wir vermuten“, „Wir zeichnen“, „Wir überprüfen“, „Wir dokumentieren“, „Wir besprechen etwas“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“, „Wir erkennen ein Problem“, „Wir überlegen eine Lösung“ und „Wir bauen“)
	Schüleranzahl	Knobelaufgaben „Wir wippen“
	Schüleranzahl	Knobelaufgaben „Wir wippen mit Mama“
	Schüleranzahl	Knobelaufgaben „Mache den Kran stabil“

Sequenz 3: Wir bauen ein Mobile aus Naturmaterialien.

Zeitraumen: mind. 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • beschreiben, dass ein frei drehbar aufgehängter Stab durch Verschieben oder Hinzufügen von Gewichten in eine waagerechte Lage gebracht werden kann (IK 4). • beschreiben, dass bei Verlängerung eines Hebelarms weniger Gewicht und bei Verkürzung eines Hebelarms mehr Gewicht notwendig ist, um die waagerechte Lage (wieder-)herzustellen (IK 4).	Ein zweiseitiger Hebel (ein Stab, der sich um einen Drehpunkt bewegt) richtet sich waagrecht aus, wenn die Drehmomente (Kraft mal Kraftarm und Last mal Lastarm) gleich groß sind. Durch Verschieben des am Hebel hängenden Gewichts verändert sich der Kraft- bzw. Lastarm.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • sind in der Lage, einfache technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, entsprechende Lösungsansätze zu entwerfen und zu realisieren (PK-T 1). • vergleichen und bewerten technische Problemlösungen im Hinblick auf den technischen Zweck, Materialökonomie und Originalität (PK-T 3). • auch: bewerten die Qualität ihrer Arbeiten und die der Arbeiten ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler (PK-N 12).	Ist mit der Aufgabe eine Problemstellung verbunden, so ist deren Schwierigkeit zu erfassen und es sind Lösungen zu entwerfen, zu realisieren und zu überprüfen. Technisches Handeln verfolgt das Ziel, einen angestrebten Zweck zu erreichen. Die Produkte des Handelns sind daher im Hinblick auf den angestrebten Zweck zu beurteilen. Neben diesem können als weitere Kriterien die Qualität der Ausführung, die ökonomische Materialverwendung und die Originalität der Lösung reflektiert werden. Durch das Vergleichen von technischen Problemlösungen werden Unterschiede und Besonderheiten bewusst.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Schülerinnen und Schüler wiederholen, was sie in der letzten Sequenz zu Mobiles gelernt haben. Sie setzen dieses Wissen um, indem sie in Partnerarbeit Mobiles mit Naturmaterialien, die sie selbst gesammelt haben, planen und herstellen. Hinterher präsentieren die Kinder ihre Mobiles. In der Reflexion besprechen sie ihre Vorgehensweise und die Lösung von Schwierigkeiten. Sie benutzen dabei die eingeführten Fachbegriffe. Am Ende der Sequenz werden die in dieser Sequenz neu eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Für diese Sequenz ist es sehr hilfreich, einige Eltern zu bitten, die Schülerinnen und Schüler beim Bau der Mobiles zu unterstützen.

Diese Sequenz und ihre Vorbereitung können gut in Kombination mit dem Kunst- bzw. Werkunterricht erfolgen.

Als Vorbereitung sollten die Schülerinnen und Schüler selbst Naturmaterialien sammeln. Dies kann beispielsweise mit der Geschichte der Sachensucher aus dem Kinderbuch „Pippi Langstrumpf“ (Kapitel 2) von Astrid Lindgren verbunden werden. Darin ziehen Pippi, Thomas und Annika los, um Sachen-

sucher zu werden. Es können kleine Tannenzapfen (Fichtenzapfen sind in Kombination mit anderen Materialien häufig zu schwer), Stöcke, Rinde, Schneckenhäuser usw. verwendet werden. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten in Partnerarbeit. Es sollte trotzdem jede Schülerin und jeder Schüler ein eigenes Mobile bauen.

Als Schnüre eignen sich Bindfäden oder Filzwolle. Strick- bzw. Häkelgarn der Nadelstärke 2 bis 2,5 ist besonders geeignet. Für die Aufhängung der Materialien können S-Haken (z. B. für Weihnachtskugeln) verwendet oder Schlaufen in die Fäden geknotet werden. Als Stäbe können kleine Äste oder zugesägte Rundstäbe genutzt werden (ggf. bereitstellen).

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Unterrichtsgespräch 5 min	Einstieg Zur Wiederholung des Ergebnisses der letzten Sequenz sind an der Tafel drei Mobiles befestigt, die in aufsteigender Reihenfolge an einem Arm jeweils eine Pappscheibe mehr hängen haben. LK: <i>Was verändert sich von Mobile zu Mobile?</i> (Die Pappscheibenanzahl an dem einen Arm) LK: <i>Bei welchem Mobile haben wir an dem einen Arm das größte Gewicht?</i> (Bei den drei Pappscheiben) LK: <i>Wer kann den Satz beenden: Je mehr Pappscheiben ich an den Arm hänge, desto ...</i> (näher beim Drehpunkt müssen sie hängen). <i>Also: Je schwerer das Gewicht an einem Arm ist, desto ...</i> (näher beim Drehpunkt muss es hängen).	• 1 Mobile mit je einer Pappscheibe an beiden Armen • 1 Mobile mit einer und zwei Pappscheiben an den Armen • 1 Mobile mit einer und drei Pappscheiben an den Armen • Tafel und Kreide
Unterrichtsgespräch 5 min	Orientierung/Aufgabenstellung Die LK zeigt als Impuls die Bildkarten „Mobile“ (aus Sequenz 1). LK: <i>Solche Mobiles wollen wir heute aus den Materialien bauen, die ihr als Sachensucher gefunden und mitgebracht habt.</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 1. Schaut euch die mitgebrachten Materialien an. 2. Überlegt: Wie möchtet ihr eure Mobiles bauen? 3. Zeichnet Pläne für eure Mobiles. 4. Baut eure Mobiles. Die LK weist darauf hin, dass jede Schülerin und jeder Schüler ein Mobile baut.	• 2 Bildkarten „Mobile“ (aus Sequenz 1) • ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift
Partnerarbeit 65 min	Erarbeitung Die SuS erstellen in Partnerarbeit je ein eigenes Mobile. Sie überlegen zuerst gemeinsam, zeichnen aber anschließend individuell einen Plan für das eigene Mobile. Zum Bau verwenden sie die Materialien, die sie selbst als Sachensucher gefunden und mitgebracht haben. Ggf. können weitere Materialien (z. B. kleine Holzscheiben aus dem Bastelladen) von der LK ergänzt werden. <u>Differenzierung:</u> Die SuS, die ihr Mobile fertiggestellt haben, können anderen helfen oder ihr gebautes Mobile auf der Rückseite des Arbeitsblatts dokumentieren.	• AB „Mein Mobile aus Naturmaterialien“ • mitgebrachte Materialien der SuS • ggf. ergänzende Materialien (z. B. Rundstäbe, Holzscheiben) • Bindfaden, Filzwolle (empfohlen: Strick-/Häkelnadelgarn für Nadelstärke 2–2,5) • S-Haken



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Unterrichtsgespräch 15 min	Reflexion Die SuS präsentieren ihre Mobiles. LK: <i>Wie habt ihr eure Mobiles gebaut? Welche Probleme hattet ihr? Welche Tipps könnt ihr den anderen geben?</i> (Reflexionskarten zeigen) Einige SuS wählen aus den Reflexionskarten („Lösung“, „Problem“ und „Tipp“) Aspekte, die sie thematisieren möchten. Mögliche Äußerungen der SuS: • Es war schwierig, den langen Stab in eine waagerechte Lage zu bringen. • Von unseren Natursachen ist nicht alles gleich schwer. Deswegen ist eine Seite häufig runtergefallen.	• gebaute Mobiles der SuS • Reflexionskarten „Ich habe einen Tipp für dich.“, „Ich habe eine Lösung gefunden.“ und „Ich habe ein Problem.“
Theaterkreis 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir beobachten und wir vergleichen</i>, was sich von Mobile zu Mobile verändert. • <i>Wir besprechen</i> die Lösungen der letzten Stunden. • <i>Wir planen</i> unser Mobile. • <i>Wir zeichnen</i> unser geplantes Mobile. • <i>Wir bauen</i> unser geplantes Mobile. • <i>Wir dokumentieren</i> unser gebautes Mobile. • <i>Wir besprechen</i> unser Vorgehen und unsere Schwierigkeiten. • <i>Wir bewerten</i> unsere Mobiles und das Erreichen der waagerechten Lage.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Mobile mit je einer Pappscheibe an beiden Armen
	1	Mobile mit einer und zwei Pappscheiben an den Armen
	1	Mobile mit einer und drei Pappscheiben an den Armen
		<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>ggf. 1</i>	<i>Plakat und Stift</i>
	<i>ggf.</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	<i>mehrere</i>	<i>Mitgebrachte Materialien der SuS für die Mobilestäbe und die anzuhängenden Gegenstände</i>
	<i>evtl.</i>	<i>Ergänzende Materialien (z.B. Holzscheiben aus dem Bastelladen, Rundstäbe)</i>
	<i>mehrere</i>	<i>Bindfaden, Filzwolle usw. (empfohlen: Strick-/Häkelgarn für Nadelstärke 2–2,5)</i>
	<i>mehrere</i>	<i>S-Haken</i>

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	2	Bildkarten „Mobile“ (aus Sequenz 1)
	Schüleranzahl	AB „Mein Mobile aus Naturmaterialien“
	3	Reflexionskarten („Ich habe einen Tipp für dich.“, „Ich habe eine Lösung gefunden.“ und „Ich habe ein Problem.“)
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir beobachten“, „Wir besprechen etwas“, „Wir planen“, „Wir zeichnen“, „Wir bauen“, „Wir dokumentieren“ und „Wir bewerten“)

5.3.3 Unterrichtseinheit 3: Wir erforschen, wie Figuren balancieren. (Themenbereich „Stabilität und Gleichgewicht“)

Sequenz 1: Wir bringen einen Clown zum Balancieren.

Zeitraumen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • bringen eine drehbare Figur durch unterhalb des Drehpunkts angebrachte Gewichte ins Gleichgewicht (IK 4). • beschreiben, dass das Gewicht einer drehbaren Figur auf beiden Seiten gut verteilt sein muss, damit die Figur waagrecht sitzt (IK4).	Eine symmetrische Figur kann mit ihrem Drehpunkt stabil auf einem Seil sitzen, wenn der Schwerpunkt der Figur unterhalb des Drehpunkts liegt. Wird sie angestoßen, geht sie wieder in die Ursprungslage zurück bzw. sie pendelt, bis sie wieder im Gleichgewicht stehen bleibt. Das Gewicht muss auf beiden Seiten des Drehpunkts gleichmäßig verteilt sein, damit eine waagerechte Lage erreicht wird (es gilt auch hier das Hebelgesetz).
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • sind in der Lage, einfache technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, entsprechende Lösungsansätze zu entwerfen und zu realisieren (PK-T 1). • vermitteln, diskutieren und dokumentieren Ideen für technische Lösungen verständlich, unter Nutzung von Sprache, Zeichnung oder Demonstration (PK-T 4). • vergleichen und bewerten technische Problemlösungen im Hinblick auf den technischen Zweck (Clown in waagerechte Lage bringen), Materialökonomie und Originalität (PK-T 3). • auch: bewerten die Qualität ihrer Arbeiten und die der Arbeiten ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler (PK-N 12).	Ist mit der Aufgabe eine Problemstellung verbunden, so ist deren Schwierigkeit zu erfassen und es sind Lösungen zu entwerfen, zu realisieren und zu überprüfen. Der Entwurf von technischen Lösungen kann mit verschiedenen Medien begleitet und unterstützt werden. Zusätzlich zur Sprache können dafür (beschriftete) Zeichnungen und Skizzen sowie gestische Demonstrationen genutzt werden. Technisches Handeln verfolgt das Ziel, einen angestrebten Zweck zu erreichen. Die Produkte des Handelns sind daher im Hinblick auf den angestrebten Zweck zu beurteilen. Neben diesem können als weitere Kriterien die Qualität der Ausführung, die ökonomische Materialverwendung und die Originalität der Lösung reflektiert werden. Durch das Vergleichen von technischen Problemlösungen werden Unterschiede und Besonderheiten bewusst.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Schülerinnen und Schüler beobachten zwei identisch aussehende Clowns, von denen der eine auf einem Seil sitzen bleibt und der andere herunterfällt (in dem einen Clown befinden sich in den Füßen versteckt angebrachte Gewichte, die den Schwerpunkt der Figur nach unten verlagern). Sie überlegen, warum das so ist. Die Schülerinnen und Schüler bringen ihre Clowns durch das Anbringen von Gewichten an deren Füßen auf einem Seil zum Balancieren und präsentieren ihre Lösungen. Das Ergebnis wird auf einem Arbeitsblatt festgehalten. Am Ende der Sequenz werden die eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Für die Aufhängung der Schnur gibt es mehrere Möglichkeiten: Stühle, Tische oder gefüllte Flaschen (s. Versuchsbeschreibung).

Am einfachsten ist das Spannen der Schnur zwischen zwei gefüllten Flaschen, die auf den Tisch gestellt werden, da die Schlaufen der Schnüre nur über die Flaschenhälse gestreift werden müssen. Zum Demonstrieren benötigt die Lehrkraft zwei gefüllte Glasflaschen, da der Clown mit den versteckten Gewichten für gefüllte Plastikflaschen zu schwer ist. Für den Versuch der Schülerinnen und Schüler reichen gefüllte Plastikflaschen aus. Die Lehrkraft muss darauf achten, dass die Schnur zwischen den Fla-

schen nicht gespannt ist, da die Flaschen bei einer gespannten Schnur schnell umkippen.

Alternativ kann die Schnur auch zwischen zwei Stühlen oder einem Tisch und einem Stuhl befestigt werden. Für diese Art der Befestigung müssen die Schnüre ohne Schlaufen verwendet werden. Durch vorsichtiges Auseinander-Spreizen der Füße können die in dem „schweren“ Clown versteckten Gewichte sichtbar gemacht werden.

Möchten sich die Schülerinnen und Schüler Clowns für zu Hause basteln, kann die Lehrkraft den Clown in Farbe kopieren, auf Pappe kleben oder laminieren und den Kindern zum Ausschneiden geben. Alternativ können Clowns aus dünnem Pappelsperholz (4 mm) ausgeschnitten werden (vielleicht in Verbindung mit dem Kunstunterricht). Die Clowns aus Kunststoff dienen als Schablonen.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 5 min	Einstieg Die LK zeigt zwei identisch aussehende Clowns. LK: <i>Was passiert, wenn ich diese Clowns auf das Seil setze? Warum?</i> Sie setzt beide Clowns auf das Seil. Der eine bleibt balancierend auf dem Seil sitzen, der andere fällt herunter. Die LK erarbeitet die Forscherfrage mit den SuS: <i>Warum fällt der eine Clown herunter und der andere nicht? (Die sehen doch gleich aus.)</i>	• 1 Clown mit versteckten Gewichten • 1 gleich aussehender Clown ohne Gewichte • 2 gefüllte Glasflaschen • 1 Schnur mit Schlaufen
Sitzkreis 5 min	Orientierung Die SuS stellen Vermutungen an. Mögliche Äußerungen der SuS: • Der eine Clown ist größer als der andere. (Das stimmt nicht – Clowns übereinanderlegen) • Die Beine sind unterschiedlich breit. • Einer hat viel Gewicht und der andere nicht. • Der eine Clown ist dicker/schwerer/besser. Die LK gibt den SuS die beiden Clowns in die Hand. Sie stellen vergleichend fest, dass der eine Clown (unten) schwerer ist als der andere. (In den Füßen des einen Clowns sind Gewichte versteckt, die den Clown unten wahrnehmbar schwerer machen; ggf. Füße spreizen um Gewichte zu zeigen). (Ggf. LK: <i>Wo ist der Clown schwerer?</i>) LK: <i>Ob der eine Clown auf dem Seil sitzen bleibt, weil er unten schwerer ist, sollt ihr nun selber herausfinden.</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 1. Befestigt eine Schnur. Sie muss ein bisschen durchhängen! 2. Bringt den Clown zum Balancieren. 3. Nutzt dazu das Material vom Tisch. Klebt es fest.	• 1 Clown mit versteckten Gewichten • 1 gleich aussehender Clown ohne Gewichte • ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	(Ggf.: Wenn die SuS selbst die Clowns ausschneiden bzw. aussägen, lauten die ersten beiden Schritte: Zeichnet mithilfe der Schablone den Clown auf die Pappe bzw. das Holz. Schneidet bzw. sägt dann den Clown aus.)	
Partnerarbeit 15 min	Erarbeitung Die SuS bringen ihren Clown in Partnerarbeit zum Balancieren. <u>Differenzierung:</u> SuS, die fertig sind, verändern die Gewichte so, dass ihr Clown aufrecht und mit waagrecht ausgestreckten Armen auf dem Seil sitzt.	- als Gewichte: - Wäscheklammern - Muttern - Knete - Unterlegscheiben - Klebestreifen - Kreppband - Aufhängemöglichkeiten (z. B. Tische, Stühle, gefüllte Flaschen) 16 farbige Clowns 16 Schnüre mit Schlaufen - ggf. 16 Schnüre ohne Schlaufen
Unterrichtsgespräch 10 min	Reflexion Die zum Balancieren gebrachten Clowns werden ausgestellt. Die SuS erläutern ihre Vorgehensweise und begründen sie (ggf. nachfragen). Falls es SuS gibt, die mehr Gewichte als nötig angebracht haben, kann besprochen werden, ob das sinnvoll ist. Die Aufgabe ist bereits erfüllt, sobald der Clown sitzt. LK: <i>Was muss man tun, um den Clown zum Balancieren zu bringen?</i> (Man muss Gewicht auf beiden Seiten unten anbringen.) LK: <i>Auch beim balancierenden Clown gibt es einen Drehpunkt (ggf. Begriffskarte zeigen). Denkt an das Mobile und zeigt, wo der Drehpunkt bei dieser Figur ist.</i> (SuS zeigen den Punkt, um den sich die Figur auf dem Seil dreht.) LK: <i>Wo genau müssen die Gewichte angebracht werden, damit der Clown sitzen bleibt?</i> (Unterhalb des Drehpunkts.) LK erläutert: <i>Wenn der Clown ruhig auf dem Seil sitzt, ist er im Gleichgewicht (ggf. Begriffskarte zeigen), so wie der Mobilestab im Gleichgewicht war.</i>	- von den SuS zum Balancieren gebrachte Clowns - ggf. Begriffskarten „Drehpunkt“, „Gleichgewicht“ und „waagrecht“ aus Unterrichtseinheit 2, Sequenz 1



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	LK: <i>Was muss man tun, damit die Arme des Clowns waagrecht ausgestreckt sind (damit der Clown also aufrecht auf dem Seil sitzt)?</i> (LK wiederholt ggf. die Bedeutung des Begriffs „waagrecht“ und zeigt die Begriffskarte; die SuS vermuten, dass das Gewicht auf beiden Seiten an den Beinen gleich verteilt sein muss.) (Ggf. einen Clown gemeinsam ins aufrechte Sitzen mit waagrecht ausgestreckten Armen bringen.) Ergebnis Ich kann den Clown ins Gleichgewicht bringen, indem ich ihn unterhalb des Drehpunkts auf beiden Seiten schwerer mache. Damit er mit waagrecht ausgestreckten Armen sitzt, muss das Gewicht auf beiden Seiten gleich verteilt sein. Die LK notiert das Ergebnis.	• ggf. Knete • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Einzelarbeit 5 min	Ergebnissicherung Die SuS bearbeiten das Arbeitsblatt „Mein Clown balanciert auf dem Seil“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe ( ).	• AB „Mein Clown balanciert auf dem Seil“
Theaterkreis 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können im Verlauf des weiteren Unterrichts ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir beobachten</i> die Clowns auf dem Seil. • <i>Wir vermuten</i> – warum fällt der eine Clown herunter und der andere nicht? • <i>Wir vergleichen</i> die Clowns miteinander. • <i>Wir untersuchen</i>, ob sich die Clowns durch irgendetwas unterscheiden und öffnen die Füße der Clowns. • <i>Wir überlegen</i>, wie wir den Clown zum Balancieren bringen können. • <i>Wir überprüfen</i> unsere Ideen, indem wir sie ausprobieren. • <i>Wir besprechen</i> unsere Ergebnisse. • <i>Wir bewerten</i> – balanciert der Clown gut? • <i>Wir verbessern</i> das Balancieren des Clowns. • <i>Wir schreiben ein Ergebnis auf.</i> • <i>Wir dokumentieren</i> unsere Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	2	<i>gefüllte Glasflaschen</i>
	1	Schnur mit Schlaufen (ca. 320 mm)
	1	Clown mit versteckten Gewichten
	1	gleich aussehender Clown ohne Gewichte
	ggf.	Knete
		<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>ggf. 1</i>	<i>Plakat und Stift</i>
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>
	ggf. 3	Begriffskarten „Drehpunkt“, „Gleichgewicht“ und „waagrecht“ aus Unterrichtseinheit 2, Sequenz 1

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
		Wäscheklammern, Muttern, Knete, Unterlegscheiben (als Gewichte)
		<i>Klebestreifen</i>
		<i>Kreppband</i>
	32	<i>Aufhängemöglichkeiten (Tische, Stühle, gefüllte Flaschen)</i>
	16	Clowns
	16	Schnüre mit Schlaufen (ca. 320 mm)
	16	Schnüre ohne Schlaufen

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	Schüleranzahl	AB „Mein Clown balanciert auf dem Seil“ (in zwei Schwierigkeitsstufen;  )
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir vermuten“, „Wir beobachten“, „Wir vergleichen“, „Wir untersuchen“, „Wir überlegen eine Lösung“, „Wir überprüfen“, „Wir besprechen etwas“, „Wir bewerten“, „Wir verbessern“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“ und „Wir dokumentieren“)
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Balancierende Gabeln“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Gabeln balancieren lassen“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Seiltänzer“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Heiraten in der Luft“

Optionale Materialien

✓	Stückzahl	Material
		<i>Clowns zum Ausschneiden (in Farbe kopiert, auf Pappe geklebt bzw. laminiert)</i>
		<i>Pappelsperholz (4 mm) zum Aussägen der Clowns</i>

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Einen Clown zum Balancieren bringen



Abb. 3: Der Clown balanciert auf dem Seil.

Material:

- 16 Schnüre mit Schlaufen (ca. 320 mm) (für gefüllte Plastikflaschen) oder 16 Schnüre ohne Schlaufen (für Tische, Stühle)
- 16 Clowns
- 32 Aufhängemöglichkeiten (Tische, Stühle, gefüllte Plastikflaschen)
- Wäscheklammern, Muttern, Knete, Unterlegscheiben (als Gewichte)
- Klebestreifen/Kreppband

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler hängen eine Schnur als Balancierseil auf. Sie muss ein bisschen durchhängen. Anschließend setzen die Kinder den Clown auf die Schnur und bringen ihn zum Balancieren. Dazu verwenden sie Material, das von der Lehrkraft bereitgestellt wurde. Befestigt werden die Gewichte unten am Clown mit Klebestreifen/Kreppband.

Hintergrund:

Liegt der Schwerpunkt des Clowns unterhalb des Drehpunkts, bleibt der Clown auf dem Seil sitzen. Er ist im Gleichgewicht. Ist das Gewicht auf beiden Seiten gut verteilt, sitzt der Clown aufrecht. Seine Arme sind dann waagrecht.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Figur balanciert, wenn sie diese unterhalb des Drehpunkts schwerer machen.

Wenn das Gewicht gut verteilt ist, sitzt der Clown aufrecht.

Organisatorische Hinweise:

Für die Aufhängung der Schnur gibt es zwei Möglichkeiten:

Am leichtesten ist es für die Kinder, die Schnur mit den Schlaufen an den Halsen von zwei gefüllten Plastikflaschen zu befestigen. Dabei muss die Schnur leicht durchhängen, damit die Flaschen nicht umkippen.

Sollten keine gefüllten Plastikflaschen zur Verfügung stehen, kann die Schnur zwischen Stühlen und Tischen gespannt werden. Hierfür steht Schnur ohne Schlaufen zur Verfügung.

Alternativ kann die Lehrkraft einige Teststationen aufbauen, an denen die Kinder das Balancieren ihres Clowns auf der Schnur überprüfen können.

Wichtig:

Für den Demonstrationsversuch zu Beginn der Stunde müssen gefüllte Glasflaschen benutzt werden, da der mit versteckten Gewichten beschwerte Clown für gefüllte Plastikflaschen zu schwer ist.



Abb. 4: Der Clown mit den versteckten Gewichten balanciert auf dem Seil.

Sequenz 2: Wir bringen weitere Figuren zum Balancieren. (optional)

Zeitraumen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • bringen eine drehbare asymmetrische Figur durch unterhalb des Drehpunkts angebrachte Gewichte ins Gleichgewicht (IK 4). • beschreiben, dass das Gewicht einer drehbaren asymmetrischen Figur auf beiden Seiten gut verteilt sein muss, damit die Figur waagrecht sitzt (IK 4).	Auch bei Figuren, die nicht auf beiden Seiten gleich aussehen, muss das Gewicht unterhalb des Drehpunkts vergrößert werden, damit sie sich in einer Gleichgewichtseinstellung einpendeln. Dafür reicht bei manchen Figuren ein Gewicht aus.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • begründen Vermutungen durch Vorwissen, Erfahrungen oder Beobachtungen (PK-N 3). • benennen Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Beobachtungen, Ereignissen und Objekten (PK-N 9). • sind in der Lage, einfache technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, entsprechende Lösungsansätze zu entwerfen und zu realisieren (PK-T 1). • vergleichen und bewerten technische Problemlösungen im Hinblick auf den technischen Zweck, Materialökonomie und Originalität (PK-T 3). • auch: bewerten die Qualität ihrer Arbeiten und die der Arbeiten ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler (PK-N 12). • vermitteln, diskutieren und dokumentieren Ideen für technische Lösungen verständlich, unter Nutzung von Sprache, Zeichnung oder Demonstration (PK-T 4).	Auf der Basis von vorhandenen Erfahrungen lassen sich begründete Vermutungen aufstellen. Das Vergleichen von Ereignissen/Gegenständen o. ä. ist hilfreich, um zugrundeliegende gemeinsame Funktionsweisen bzw. naturwissenschaftliche Zusammenhänge zu erschließen. Ist mit der Aufgabe eine Problemstellung verbunden, so ist deren Schwierigkeit zu erfassen und es sind Lösungen zu entwerfen, zu realisieren und zu überprüfen. Technisches Handeln verfolgt das Ziel, einen angestrebten Zweck zu erreichen. Die Produkte des Handelns sind daher im Hinblick auf den angestrebten Zweck zu beurteilen. Neben diesem können als weitere Kriterien die Qualität der Ausführung, die ökonomische Materialverwendung und die Originalität der Lösung reflektiert werden. Durch das Vergleichen von technischen Problemlösungen werden Unterschiede und Besonderheiten bewusst. Der Entwurf von technischen Lösungen kann mit verschiedenen Medien begleitet und unterstützt werden. Zusätzlich zur Sprache können dafür (beschriftete) Zeichnungen und Skizzen sowie gestische Demonstrationen genutzt werden.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Lehrkraft zeigt asymmetrische Figuren und die Schülerinnen und Schüler bringen diese zum Balancieren. Anschließend präsentieren sie ihre Lösungen und erläutern und begründen ihre Vorgehensweise. Gemeinsam beschreiben sie, wie eine asymmetrische Figur mit nur einem Gewicht ins aufrechte Sitzen gebracht werden kann, wobei das Gewicht der Figur „gut verteilt sein muss“. Das Ergebnis wird auf einem Arbeitsblatt festgehalten. In dieser Sequenz neu eingesetzte Forschungstätigkeiten werden am Ende der Sequenz zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Die asymmetrischen Figuren und der Schmetterling liegen als Kopiervorlage vor (siehe Anlagenband). Sie sollten in Farbe kopiert und auf Pappe geklebt oder laminiert werden, um sie anschließend auszuscheiden.

Die Figuren können alternativ auch in Form von Freiarbeit oder als Differenzierung von den Schülerinnen und Schülern ins Gleichgewicht gebracht werden. Im Anschluss sollten die Besonderheiten und Schwierigkeiten der asymmetrischen Figuren gemeinsam besprochen werden.

Der Drehpunkt ist bei einer asymmetrischen Figur schwieriger zu finden als bei einer symmetrischen Figur. Die Lehrkraft muss die Drehpunkte vorher selbst durch Ausprobieren herausfinden, damit sie den Schülerinnen und Schülern Hilfestellungen geben kann.

Möchten sich Schülerinnen und Schüler selber asymmetrische Figuren herstellen, so können die

Kopiervorlagen (siehe Anlagenband) in Farbe kopiert und auf Pappe geklebt oder laminiert werden, um sie anschließend auszuschneiden. Alternativ können die Figuren auch aus Pappelsperholz (4 mm) ausgesägt werden, wobei die laminierten Figuren als Schablone dienen können.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 5 min	Einstieg In der Mitte des Sitzkreises sitzt ein Clown mit Gewichten aufrecht auf dem Seil. LK: <i>Was haben wir in der letzten Stunde herausgefunden?</i> Die LK sammelt mit den SuS, was bisher herausgefunden wurde (ggf. Satzstreifen mit Ergebnis zeigen): Ich kann den Clown ins Gleichgewicht bringen, indem ich ihn unterhalb des Drehpunkts auf beiden Seiten schwerer mache. Damit er mit waagrecht ausstreckten Armen sitzt, muss das Gewicht auf beiden Seiten gleich verteilt sein.	2 gefüllte Flaschen 1 Schnur mit Schlaufen 1 ins aufrechte Sitzen gebrachter Clown - ggf. Satzstreifen mit Ergebnis (aus Sequenz 1)
Sitzkreis 10 min	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Heute habe ich euch andere Figuren mitgebracht. Was ist bei dieser Figur (Schmetterling zeigen) und dem Clown gleich? (Die Figuren sehen auf beiden Seiten gleich aus.)</i> LK: <i>Was ist bei dieser Figur (Papagei zeigen) anders? (Die beiden Seiten der Figur sehen unterschiedlich aus.)</i> Die LK legt eine Katze, einen Delfin und eine Banane in den Sitzkreis. Die SuS ordnen diese den symmetrischen und asymmetrischen Figuren zu. (Die Banane ist nicht ganz symmetrisch!) LK: <i>Was meint ihr? Können diese Figuren, bei denen die beiden Seiten unterschiedlich aussehen, auch auf dem Seil balancieren?</i> Die SuS vermuten. Anschließend setzen sie die Figuren auf das Seil. Alle Figuren fallen herunter. Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) - Sucht euch eine Figur aus. - Bringt diese Figur zum Balancieren. - Beobachtet, was ihr dafür tun müsst.	1 Schmetterling 1 Papagei 1 Katze 1 Delfin 1 Banane - ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Partnerarbeit 15 min	Erarbeitung Die SuS suchen sich zu zweit eine Figur aus und versuchen, diese auf dem Seil zum Balancieren zu bringen. An beiden Seiten gleich viel Gewicht anzubringen, reicht bei Papagei, Katze, Delfin und Banane nicht aus, da sie asymmetrisch sind. Die SuS bringen die Figuren dadurch zum Balancieren, dass sie entweder unterschiedliche Gewichte auf beiden Seiten oder nur ein Gewicht auf einer Seite anbringen. <u>Differenzierung:</u> SuS, die große Schwierigkeiten damit haben, eine asymmetrische Figur zum Balancieren zu bringen, können ihr Wissen aus der vorherigen Sequenz anwenden, indem sie den symmetrischen Schmetterling oder die annähernd symmetrische Banane zum Balancieren bringen.	• je 4 Bananen, Katzen, Delfine, Papageien • ggf. 1 Schmetterling • als Gewichte: - Wäscheklammern - Muttern - Knete - Unterlegscheiben • Klebestreifen • Kreppband • Aufhängemöglichkeiten (z. B. Tische, Stühle, gefüllte Flaschen) • 16 Schnüre mit Schlaufen • ggf. 16 Schnüre ohne Schlaufen
Unterrichtsgespräch 10 min	Reflexion Die SuS präsentieren ihre zum Balancieren gebrachten Figuren. Dabei erläutern sie ihre Vorgehensweise und begründen sie. Ggf. LK: <i>Kann eine Figur auch mit nur einem Gewicht zum Balancieren gebracht werden, sodass sie aufrecht sitzt (wie der Clown)?</i> LK: <i>Beim Clown haben wir gesagt, dass das Gewicht an beiden Seiten gleich verteilt sein muss, damit er aufrecht sitzen kann. Bei dieser Figur (zeigen) ist jetzt nur ein Gewicht befestigt und sie sitzt aufrecht. Wieso ist das so? (Das eine Gewicht ist die Knete und das andere [ausgleichende] Gewicht ist die eine Seite der Figur, die der Knete [in Bezug auf den Drehpunkt] gegenüberliegt.)</i> Ergebnis Figuren, die nicht auf beiden Seiten gleich aussehen, können auch ins Gleichgewicht gebracht werden. Auf der leichteren Seite der Figur müssen wir ein Gewicht (Knete) befestigen. Die LK notiert das Ergebnis.	• von den SuS zum Balancieren gebrachte Figuren • Knete • 2 gefüllte Flaschen • 1 Schnur mit Schlaufen • 1 asymmetrische Figur (Katze, Papagei oder Delfin) • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Einzelarbeit 5 min	Ergebnissicherung Die SuS halten das Ergebnis auf dem Arbeitsblatt „Meine Figur kann balancieren“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe ( ) fest. Mögliche Weiterführung In Freiarbeitsphasen können die SuS nach eigener Wahl laminierte Figuren ausschneiden bzw. aus Pappelspertholz aussägen und zum Balancieren bringen.	AB „Meine Figur kann balancieren“
Theaterkreis 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: - Wir besprechen, was wir in der letzten Stunde herausgefunden haben. - Wir vergleichen die Figuren miteinander. - Wir erkennen ein Problem – wie können asymmetrische Figuren balancieren? - Wir überlegen eine Lösung. - Wir überprüfen eine Lösung. - Wir beobachten, was wir tun müssen, um die Figuren balancieren zu lassen. - Wir besprechen unsere Ergebnisse und unsere Vorgehensweisen. - Wir schreiben ein Ergebnis auf. - Wir dokumentieren unsere Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt.	- Karten mit Forschungstätigkeiten - ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	2	gefüllte Flaschen
	1	Schnur mit Schlaufen (ca. 320 mm)
	1	ins aufrechte Sitzen gebrachter Clown
	1	Delfin
	1	Schmetterling
	1	Papagei



	1	Banane
	1	Katze
		Knete
	ggf.	Satzstreifen mit Ergebnis (aus Sequenz 1)
		Tafel und Kreide
	ggf. 1	Plakat und Stift
	mehrere	leere Satzstreifen und Stift

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
		Wäscheklammern, Muttern, Knete, Unterlegscheiben (als Gewichte)
		Klebestreifen
		Kreppband
	32	Aufhängemöglichkeiten (Tische, Stühle, gefüllte Flaschen)
	16	Schnüre mit Schlaufen (ca. 320 mm)
	ggf. 16	Schnüre ohne Schlaufen
	4	Bananen
	4	Katzen
	4	Delfine
	4	Papageien
	ggf. 1	Schmetterling

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	Schüleranzahl	AB „Meine Figur kann balancieren“ (in zwei Schwierigkeitsstufen;  )
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir besprechen etwas“, „Wir vergleichen“, „Wir erkennen ein Problem“, „Wir überlegen eine Lösung“, „Wir überprüfen“, „Wir beobachten“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“ und „Wir dokumentieren“)
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Balancierende Gegenstände“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Eine Balancierfigur erfinden“

Optionale Materialien

✓	Stückzahl	Material
		Asymmetrische Figuren und Schmetterling zum Ausschneiden (in Farbe kopiert, auf Pappe geklebt bzw. laminiert)
		Pappelsperholz (4 mm) zum Aussägen der Figuren

5.4 Unterricht Klasse 3/4: Themenbereiche „Kräfte und ihre Wirkungen“ sowie „Kraft sparen durch einfache Maschinen (schiefe Ebene, Hebel und Getriebe)“

5.4.1 Unterrichtseinheit 1: Wir erkunden, wie Gegenstände bewegt und gebremst werden (Themenbereich „Kräfte und ihre Wirkungen“).

Sequenz 1: Wir bewegen Gegenstände.

Zeitraumen: 90 Minuten (oder 2x45 Minuten; mögliche Trennung nach Erarbeitung III)

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • beschreiben, dass eine auf Gegenstände wirkende Kraft diese (ruhenden) Gegenstände in Bewegung versetzen (bzw. abbremsten) kann (IK 1). • beschreiben, dass bei einem schwereren Gegenstand eine größere Kraft wirken muss als bei einem leichteren Gegenstand, damit er in Bewegung versetzt wird (IK 1). • 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 (IK 1). • beschreiben, dass sich Kräfte, die in dieselbe Richtung wirken, verstärken (IK 1).	Kraft ist eine physikalische Größe, die nicht unmittelbar erfassbar oder messbar, sondern nur an ihrer Wirkung zu erkennen ist. Eine wirkende Kraft kann einen Körper in Bewegung versetzen, bremsen, verformen oder dessen Bewegungsrichtung ändern. Damit schwerere Gegenstände in Bewegung versetzt werden, muss eine größere Kraft auf diese einwirken als bei leichteren Gegenständen. Wenn mehrere Kräfte auf einen Gegenstand einwirken, entsteht eine Bewegung in die Richtung, in die die größere Kraft wirkt. Wirken zwei gleich große Kräfte genau entgegengesetzt auf einen Gegenstand, heben sich die wirkenden Kräfte auf. Wirken Kräfte in dieselbe Richtung, so addieren sich diese.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • dokumentieren das Ergebnis einer Untersuchung durch Sprache und Zeichnung (PK-N 8). • entwickeln und nutzen Symbole zur Dokumentation (PK-N 8). • beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen) (PK-T 2). • auch: formulieren Generalisierungen im Sinne von Je-desto-Beziehungen (PK-N 10).	Das Dokumentieren ist wichtig, um Beobachtetes bzw. Hergestelltes festhalten, mitteilen und vergleichen zu können. Dabei können sich Text und Zeichnung ergänzen. Symbole (hier Pfeile) ermöglichen eine knappe Darstellung von Zusammenhängen und Ereignissen. Das Beschreiben allgemeiner technischer Zusammenhänge und zugrunde liegender naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ist das Ziel vieler Untersuchungen. Je-desto-Beziehungen sind eine Form einer qualitativen Generalisierung, die auf dem Vergleich mehrerer Beobachtungen beruht.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Lehrkraft erarbeitet mit den Schülerinnen und Schülern den Kraftbegriff am Beispiel eines Balls. Dabei werden die Ausprägungen „Kraft brauchen, um etwas in Bewegung zu versetzen“, „unterschiedlicher Kraftaufwand bei unterschiedlich schweren Bällen“ und „Kraft brauchen, um eine Bewegung zu stoppen“ thematisiert. Im weiteren Verlauf der Sequenz suchen die Schülerinnen und Schüler Gegen-

stände, bei denen Kraft eingesetzt werden muss, um diese in Bewegung zu versetzen oder sie zu stoppen. Sie dokumentieren ihre Funde. Bildimpulse zum „Tauziehen“ führen zur Frage, was bei entgegengesetzt wirkenden Kräften passiert. Die in dieser Sequenz eingesetzten Forschungstätigkeiten werden am Ende der Sequenz zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Die Bälle, die sich die Schülerinnen und Schüler in Gruppen zurollen, müssen ein deutlich unterschiedliches Gewicht haben. Hier bieten sich z. B. ein Medizinball, Basketball oder ein Fußball als schwere Bälle und ein Schaumstoffball, ein Softball oder ein Tischtennisball als leichte Bälle an.

Wenn in der Schule Tablet-PCs oder Smartphones vorhanden sind, können die Schülerinnen und Schüler ihre Beispiele in der Erarbeitung IV fotografieren statt sie aufzuschreiben.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Unterrichtsgespräch (in Sitzreihen) 5 min	Einstieg Die SuS sitzen sich in zwei Reihen gegenüber. Die LK legt einen schweren Ball zwischen die Reihen (der Ball darf sich nicht bewegen). LK: <i>Was musst du machen, damit der Ball in Bewegung versetzt wird?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Ich muss dagegentreten. • Ich muss pusten. • Ich muss ihn anschubsen.	• 1 schwerer Ball
Unterrichtsgespräch (in Sitzreihen) 10 min	Erarbeitung I Die SuS rollen sich den schweren Ball gegenseitig zu. LK: <i>Was musstet ihr tun, um den Ball in Bewegung zu versetzen?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Ich musste mich anstrengen. • Ich brauchte meine Muskeln. • Ich musste meinen Arm bewegen. (Ggf. genauere Rückfragen stellen; LK: <i>Was meinst du mit „ich musste mich anstrengen“?</i>) LK: <i>Um das zu beschreiben, benutzen Forscherinnen und Forscher ein bestimmtes Wort. Sie nennen das „Kraft“ (Begriffskarte zeigen). Beschreibt das, was ihr beim Zurollen beobachtet oder gespürt habt, mit dem Wort „Kraft“.</i> Die LK unterstützt die SuS mit drei Satzkarten („Den Ball ins Rollen bringen“, „Den Ball bewegen“ und „Den Ball in Bewegung versetzen“). Mögliche Äußerungen der SuS: • Ich brauche Kraft, um den Ball ins Rollen zu bringen. • Ich brauche Kraft, um den Ball zu bewegen. • Ich brauche Kraft, um den Ball in Bewegung zu versetzen.	• 1 schwerer Ball • Begriffskarte „Kraft“ • 3 Satzkarten

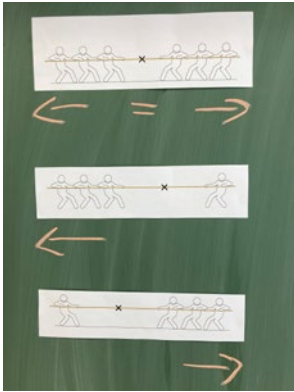


Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	LK: <i>Forscherinnen und Forscher möchten immer allgemeine Aussagen machen. Wie können wir das eben Gesagte in einem Satz als Ergebnis zusammenfassen?</i> Ergebnis Um einen Gegenstand in Bewegung zu versetzen, brauche ich Kraft. Die LK notiert das Ergebnis.	• leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Gruppenarbeit, Unterrichtsgespräch 15 min	Erarbeitung II Die LK teilt die SuS in vier Gruppen ein. Zwei Gruppen erhalten einen schweren Ball und zwei Gruppen einen leichten Ball. Jede Gruppe bildet für sich zwei gegenüberliegende Reihen. Die LK markiert in den Gruppen mit Kreppband den Abstand zwischen den Reihen. Nach ca. fünf Minuten werden die Bälle zwischen den Gruppen (leichter und schwerer Ball) getauscht. LK: <i>Ihr rollt nun den Ball von hier nach dort (Strecke zeigen). Vermutet, was ihr spüren werdet.</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Beim schweren Ball muss ich mich mehr anstrengen. • Beim leichten Ball geht das leichter, da brauche ich weniger Kraft. • Der schwere Ball hat mehr Kilo, deshalb braucht man bei dem mehr Kraft. LK: <i>Was habt ihr gespürt?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Beim leichten Ball ging es leichter als beim schweren Ball. • Beim schweren Ball musste ich mehr schubsen/schieben als beim leichten Ball. LK: <i>Formuliert es mit dem Wort „Kraft“.</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Beim schweren Ball brauchte ich mehr Kraft als beim leichten Ball, um ihn von einer Stelle zur anderen zu rollen. LK: <i>Forscherinnen und Forscher versuchen immer, allgemeine Antworten und Ergebnisse zu finden. Dafür benutzen sie z. B. die Wörter „Je“ und „desto“. Formuliert einen Satz mit „Je“, „desto“ und „Kraft“ (Sprachhilfen und Begriffskarte zeigen).</i> Ergebnis Je schwerer ein Gegenstand, desto mehr Kraft brauche ich, um ihn in Bewegung zu versetzen. Je leichter ein Gegenstand, desto weniger Kraft brauche ich, um ihn in Bewegung zu versetzen. Die LK notiert das Ergebnis.	• 2 schwere Bälle • 2 leichte Bälle • Kreppband • 2 Sprachhilfen • Begriffskarte „Kraft“ • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 10 min	Erarbeitung III LK: <i>Ich rolle nun den (schweren) Ball zu einem Kind. Beobachte genau, was das Kind tun muss, wenn der Ball bei ihm ankommt.</i> Die LK rollt nacheinander den Ball so zu einzelnen SuS, dass der Ball mit Schwung bei ihnen ankommt. Mögliche Äußerungen der SuS: • Ich musste die Hand hinhalten. • Ich musste den Ball festhalten. • Ich musste den Ball stoppen. LK: <i>Formuliert es mit dem Wort „Kraft“.</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Ich brauche Kraft, um den Ball anzuhalten. LK: <i>Könnt ihr das noch einmal in einem ganzen Satz als Ergebnis formulieren?</i> Ergebnis Um einen Gegenstand, der sich bewegt, zu stoppen, brauche ich Kraft. Die LK notiert das Ergebnis.	• 1 schwerer Ball • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Gruppenarbeit 15 min	Vertiefung (auf dem Schulhof oder im Klassenraum) LK: <i>Schaut euch auf dem Schulgelände/im Klassenraum um und sucht andere Beispiele, bei denen ihr Kraft braucht, um etwas in Bewegung zu versetzen oder zu stoppen. Schreibt eure Beispiele auf einen Zettel (zeigen).</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 1. Findet Beispiele, bei denen ihr Kraft braucht, um etwas in Bewegung zu versetzen oder etwas zu stoppen. 2. Schreibt sie auf einen Zettel. Die SuS gehen in Gruppen über den Schulhof oder durch den Klassenraum und notieren ihre Beispiele.	• DIN-A6-Blätter • ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift
Theaterkreis 15 min	SuS stellen ihre Beispiele vor. Die LK heftet die Beispiele an die Tafel, die Mehrfachgenannten zusammen.	• Beispiele der SuS • Tafel und Magneten/Klebestreifen
Theaterkreis 15 min	Transfer: Kraft und Gegenkraft Als Impuls heftet die LK die Bildkarte „Tauziehen“ an die Tafel. Die SuS beschreiben das Bild. LK: <i>Wie ist das hier mit der Kraft?</i>	• 1 Bildkarte A „Tauziehen“ • Tafel und Magneten/Klebestreifen



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Mögliche Äußerungen der SuS: • Die Kinder ziehen das Seil in verschiedene Richtungen. • Die Seite, wo die stärkeren Kinder sind, gewinnt. • Das Seil wird von beiden Seiten gezogen. • Die Kinder halten sich mit den Füßen und ziehen mit den Händen. LK: <i>Benutzt nun zur Beschreibung dieser Situation das Wort „Kraft“.</i> (Die Kinder, die insgesamt mehr Kraft haben, gewinnen. Sie ziehen das Seil zu sich.) LK: <i>Und wenn die Kinder auf beiden Seiten mit gleich viel Kraft ziehen?</i> (Dann bewegt sich das Seil zu keiner Seite.) LK: <i>Forscherinnen und Forscher arbeiten oft mit Symbolen oder Zeichen, um etwas zu zeigen. Wie können wir einzeichnen, in welche Richtung sich das Seil bewegt? Dabei nehmen wir an, dass jedes Kind mit gleich viel Kraft zieht.</i> Die SuS zeichnen an der Tafel mit einem Pfeil ein, in welche Richtung die Kräfte wirken. Die LK heftet nacheinander drei weitere Bildkarten an die Tafel. Die SuS zeichnen bei jedem Bild einen Richtungspfeil ein, um zu kennzeichnen, in welche Richtung das Seil in diesem Fall gezogen wird.  Ergebnis Wenn die Kinder auf beiden Seiten mit gleich viel Kraft ziehen, bleibt das Seil in der Mitte. Wenn die Kinder auf einer Seite mit mehr Kraft ziehen, bewegt sich das Seil in diese Richtung. Die LK notiert das Ergebnis.	• Kreide • 3 Bildkarten B „Tauziehen“ • Tafel und Magneten/Klebestreifen • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Theaterkreis 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir vermuten</i>, was wir machen müssen, damit der Ball in Bewegung versetzt wird. • <i>Wir besprechen</i>, was wir tun mussten, um den Ball in Bewegung zu versetzen. • <i>Wir schreiben ein Ergebnis auf</i>. • <i>Wir beobachten</i>, was das Kind tun muss, wenn der Ball bei ihm ankommt. • <i>Wir untersuchen</i> Gegenstände, bei denen wir Kraft brauchen, um sie in Bewegung zu versetzen oder zu stoppen. • <i>Wir dokumentieren</i> unsere Beispiele. • <i>Wir besprechen</i> unsere Beispiele. • <i>Wir vermuten</i>, wie das beim Tauziehen mit der Kraft ist. • <i>Wir zeichnen</i> an der Tafel ein, in welche Richtung sich das Seil bewegt./<i>Wir zeichnen</i> Richtungspfeile ein.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	<i>schwerer Ball</i>
	1	<i>leichter Ball</i>
		<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>ggf. 1</i>	<i>Plakat und Stift</i>
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>
		<i>Magneten/Klebestreifen</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	2	<i>schwere Bälle</i>
	2	<i>leichte Bälle</i>
		<i>Kreppband</i>
	<i>viele</i>	<i>DIN-A6-Blätter</i>

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	1	Begriffskarte („Kraft“)
	3	Satzkarten („Den Ball ins Rollen bringen“, „Den Ball bewegen“ und „Den Ball in Bewegung versetzen“)
	2	Sprachhilfen („Je ...“ und „desto ...“)
	1	Bildkarte A „Tauziehen“ (Foto)
	3	Bildkarten B „Tauziehen“ (Zeichnung)
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir vermuten“, „Wir besprechen etwas“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“, „Wir beobachten“, „Wir untersuchen“, „Wir dokumentieren“ und „Wir zeichnen“)

Sequenz 2: Wir erkunden, was Gegenstände bremst.

Zeitraumen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • beschreiben Reibung als eine Kraft, die überwunden werden muss, damit ein Gegenstand in Bewegung versetzt wird oder in Bewegung bleibt (IK 2). • geben an, dass weniger Kraft gebraucht wird, wenn ein Gegenstand über eine glatte Fläche geschoben wird, als wenn der Untergrund rau ist (IK 2).	Um einen Körper in Bewegung zu versetzen oder in Bewegung zu halten, muss eine Kraft wirken, um die Reibung zu überwinden. Je glatter die beiden gegeneinanderreibenden Flächen sind, desto geringer ist die Reibung und desto weniger Kraft ist notwendig, um einen Gegenstand in Bewegung zu versetzen oder in Bewegung zu halten. Die zwischen zwei Flächen auftretende Reibung hängt von der Beschaffenheit der beiden Reibflächen ab.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • vermitteln, diskutieren und dokumentieren Ideen für technische Lösungen verständlich unter Nutzung von Sprache, Zeichnungen oder Demonstrationen (PK-T 4). • formulieren Vermutungen zu Fragen (bzw. Beobachtungen) und begründen diese durch Vorwissen, Erfahrungen oder Beobachtungen (PK-N 2; PK-N 3). • führen technische Versuche durch bzw. beteiligen sich an der Entwicklung (PK-T 1). • ziehen Schlussfolgerungen im Sinne der Bestätigung oder Falsifikation einer Vermutung bzw. der Beantwortung einer Frage (PK-N 10). • beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen) (PK-T 2). • auch: formulieren Generalisierungen im Sinne von Je-desto-Beziehungen (PK-N 10). • beschreiben bzw. entwerfen einfache Modelle und beschreiben ihre Vereinfachungen (PK-N 11).	In einer Skizze bzw. im gegenständlichen Modell kann man darstellen, wie groß die Reibung bei Flächen mit unterschiedlicher Beschaffenheit ist. Auf der Basis von vorangegangenen Erfahrungen lassen sich Vermutungen formulieren und begründen. Versuche werden durchgeführt, um (technische) Funktionen und Zusammenhänge zu überprüfen. Die durch Beobachtungen gesammelten Daten sind die Basis für Schlussfolgerungen. Eine Vermutung kann mit beobachteten Daten (aus dem Experiment) falsifiziert oder belegt werden. Das Beschreiben allgemeiner technischer Zusammenhänge und zugrunde liegender naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ist das Ziel vieler Untersuchungen. Je-desto-Beziehungen sind eine Form einer qualitativen Generalisierung, die auf dem Vergleich mehrerer Beobachtungen beruht. Die Schülerinnen und Schüler zeichnen die Reibeigenschaft des Untergrunds modellhaft vergrößert. Sie erklären damit, warum sich Flächen reiben, wenn man sie übereinanderbewegt.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Schülerinnen und Schüler stupsen sich im Kreis einen Puck zu. Sie beobachten, dass der Puck vom Boden gebremst wird. Anschließend untersuchen sie in Gruppen unterschiedliche Untergründe und notieren je ein Beispiel für einen Untergrund, der stark reibt und einen Untergrund, der wenig reibt. In einem geplanten Versuch überprüfen die Schülerinnen und Schüler ihre Beobachtungen, dokumentieren ihre Erkenntnisse auf einem Arbeitsblatt und halten sie in einem Je-desto-Satz fest. Am Ende der Sequenz

werden eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Im Vorfeld der Sequenz muss getestet werden, ob der Puck auf dem Klassenraumboden gut gleitet. Die Lehrkraft sollte sicherstellen, dass mehrere unterschiedliche Untergründe vorhanden sind und ggf. ein oder zwei Untergründe mitbringen (Teppichboden, Stoff, Handtuch, Yogamatte, raue Pappe, Wellkarton).

Da Reibung von vielen Faktoren abhängt (z. B. auch von der Luftfeuchtigkeit im Raum), sollte die Lehrkraft vor dem Unterricht unbedingt ausprobieren, ob der Puck auf der glatten Rampe wie erwart

tet herunterrutscht und auf der rauen Rampe stoppt. Wenn Letzteres nicht der Fall ist, hilft es, etwas Kreide auf die Unterfläche des Pucks aufzubringen.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 5 min	Einstieg Die SuS setzen sich im Kreis auf den Boden und stupsen/schieben sich gegenseitig einen Puck zu. Nach etwa zehn Wechselt hält die LK den Puck an. LK: <i>Wer hat den Puck gerade gebremst?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Ich habe den Puck gebremst. • Jeder von uns hat gebremst. • Unsere Hände haben gebremst. LK: <i>Wir haben erfahren, dass wir etwas tun müssen, damit ein bewegter Gegenstand gebremst wird. Ihr habt Kraft gebraucht, um den Puck zu bremsen.</i> Die LK stupst den Puck so an, dass er mitten im Kreis stoppt. LK: <i>Wer übt nun die Kraft aus, um den Puck zu bremsen?</i> (Falls die SuS auf die Luft als Bremsfaktor/Widerstand kommen, kann die LK darauf hinweisen, dass diese zwar beteiligt ist, aber nicht alleine den Puck bremst.) Mögliche Äußerungen der SuS: • Der Boden bremst den Puck. • Der Boden ist rau, deshalb rutscht der Puck nicht so weit. LK: <i>Der Puck wird gebremst, weil er sich mit dem Boden reibt</i> (Begriffskarte zeigen). <i>Dieses Reiben ist in der Technik ganz wichtig. Manchmal möchten wir, dass sich etwas stark reibt, und manchmal möchten wir, dass sich etwas wenig reibt.</i> Die LK zeigt drei Bildkarten (ggf. abgebildete Gegenstände klären). SuS beschreiben die folgenden Sachverhalte in eigenen Worten • Bremse beim Fahrrad: Wir wollen, dass sie sich stark mit dem Vorderrad reibt, damit das Rad abgebremst wird. • Schneerutscher: Wir wollen, dass es sich wenig mit dem Schnee reibt, damit es möglichst wenig abgebremst wird und man weit rutschen kann. • Carambole (Fingerbillard): Wir wollen, dass es sich wenig reibt, damit es möglichst wenig abgebremst wird.	• 1 Puck • Begriffskarte „sich reiben“ • 3 Bildkarten „Reibung“



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	LK: Welche Gegenstände kennt ihr, die sich stark mit dem Boden reiben sollen? (Stoppersocken, Turnmatten, Winterschuhe, Anti-Rutsch-Sachen wie Badezimmermatte und Fußmatte) LK: Welche Gegenstände kennt ihr, die sich wenig mit dem Boden reiben sollen? (Curlingstein, Eishockeypuck, Schlittschuhe, Skateboard/Roller, Ski, Rutschbahn, Vorhanggleiter, Schiebetür, Türrangel)	
Sitzkreis 5 min	Orientierung/Aufgabenstellung Die LK zeigt den SuS die Fragekarten „Mit welchem Untergrund reiben sich Gegenstände wenig und werden deshalb wenig abgebremst?“ sowie „Mit welchem Untergrund reiben sich Gegenstände stark und werden deshalb stark abgebremst?“ und erläutert den Begriff Untergrund (Begriffskarte zeigen). LK: Heute untersuchen wir, mit welchem Untergrund sich ein Holzstück (zeigen) stark reibt und mit welchem es sich nur wenig reibt. Woran kann man diesen Unterschied sehen? (Falls die SuS keine Idee haben, woran man den Unterschied erkennt, kann die LK das Holzstück auf zwei unterschiedlich rauen Untergründen in Bewegung versetzen. Wichtig: Das Holzstück muss mit ungefähr der gleichen Kraft angestoßen werden!) Mögliche Äußerungen der SuS: • Wenn das Holzstück weit schlittert, reibt es sich nicht so stark mit dem Untergrund. • Bleibt das Holzstück nah bei mir stehen, reibt (bremst) der Untergrund stark. Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 1. Findet einen Untergrund, mit dem sich das Holzstück stark reibt. Schreibt es auf. 2. Findet einen Untergrund, mit dem sich das Holzstück wenig reibt. Schreibt es auf. LK: Dafür könnt ihr euer Holzstück anstupsen. Es muss aber die ganze Zeit liegend über den Boden gleiten. Wichtig: Stupst das Holzstück immer ungefähr gleich stark an.	• 2 Fragekarten • Begriffskarte „Untergrund“ • 1 Holzstück • ggf. 1 stark reibender Untergrund • ggf. 1 wenig reibender Untergrund • ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift
Gruppenarbeit 5 min	Erarbeitung Die SuS finden zu zweit Untergründe, mit denen sich das Holzstück unterschiedlich stark reibt. Dabei halten sie Untergründe, mit denen es sich stark reibt, und Untergründe, mit denen es sich wenig reibt, auf jeweils einem DIN-A6-Blatt fest. (Mögliche Untergründe: Teppich, Gummimatte, Fußboden, Fliesen, Tisch, Stoff ...)	• 16 Holzstücke • DIN-A6-Blätter



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 10 min	Reflexion Die LK heftet die beiden Begriffskarten „sich stark reiben“ und „sich wenig reiben“ an die Tafel. SuS sortieren ihre Blätter den Begriffen zu. LK: <i>Ihr habt Untergründe gefunden, mit denen sich das Holzstück stark reibt, und Untergründe, mit denen sich das Holzstück wenig reibt. Woran liegt es, dass sich das Holzstück und die Untergründe unterschiedlich stark reiben?</i> (Falls die SuS bremsen mit stoppen oder anhalten gleichsetzen, sollte thematisiert werden, dass bremsen eine Bewegung verlangsamt, es aber nicht heißt, dass der Gegenstand automatisch stoppen muss. Zum Verständnis kann man das Fahrradfahren thematisieren: ein bisschen bremsen, um langsamer zu werden oder stark bremsen, um anzuhalten.) Mögliche Vermutungen der SuS: • Der eine Untergrund ist rauer als der andere und reibt deswegen mehr. • Wenn der Untergrund glatt ist, dann reibt er nicht so stark. • Das liegt am Untergrund. (Ggf. LK: <i>Was ist verschieden bei den Untergründen?</i>) Die LK heftet die Begriffskarten „rauer Untergrund“ und „glatter Untergrund“ zu den entsprechenden Untergründen an die Tafel. (Ggf. Verweis auf einen rauen und einen glatten Untergrund; LK: <i>Testet noch einmal mit eurer Hand, wie fühlen sich diese beiden Untergründe an?</i>)	• Begriffskarten „sich stark reiben“ und „sich wenig reiben“ • ausgefüllte Blätter der SuS • Tafel und Magneten/Klebestreifen • Begriffskarten „rauer Untergrund“ und „glatter Untergrund“ • Tafel und Magneten/Klebestreifen
Sitzkreis 10 min	Reflexion/Vertiefung LK: <i>Wenn zwei Gegenstände sich aneinander reiben, nennen wir das in der Forschersprache „Reibung“</i> (Begriffskarte zeigen). LK: <i>Hier habe ich zwei verschiedene Untergründe</i> (Materialproben zeigen). <i>Fahrt nacheinander mit einem Finger über beide Flächen. Was spürt ihr?</i> Die SuS vergleichen die Oberflächen der Materialproben (Kunststoff und Schleifpapier) und stellen fest, dass eine glatt und eine rau ist. Die LK stellt je eine Rampe mit einem glatten (Kunststoff) und einem rauen Untergrund (Schleifpapier) in den Sitzkreis. Der obere Teil der Rampen ist gleich, der untere unterschiedlich rau.	• Begriffskarte „Reibung“ • 2 Materialproben • 2 Rampen mit unterschiedlichem Untergrund • 1 Kiste



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Die LK legt die Begriffskarten „rauer Untergrund“ und „glatter Untergrund“ an die Rampen.  LK: <i>Was meint ihr, mit welcher Rampe reibt sich der Puck (zeigen) mehr? Warum, meint ihr, ist das so?</i> Die SuS vermuten, dass sich der Puck mit der Rampe mit Schleifpapier stärker reibt, und begründen es damit, dass der Untergrund rauer ist als bei der anderen Rampe. LK: <i>Wir lassen den Puck auf jeder Rampe auf der glatten Fläche oben starten. Beobachtet genau, was passiert, wenn der Puck auf den anderen Untergrund kommt.</i> Die LK lässt nacheinander den Puck auf beiden Rampen oben los. Sie rutschen die schiefe Ebene herunter. Die SuS beobachten, wie weit der Puck jeweils rutscht, und schließen daraus auf die bremsende Wirkung der Reibung. LK: <i>Was habt ihr beobachtet?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Der Puck reibt sich auf der dunklen (rauen) Rampe stark. • Der Puck reibt sich auf der weißen (glatten) Rampe fast gar nicht. • Auf dem weißen Untergrund kommt der Puck weiter. LK: <i>Forscherinnen und Forscher wollen immer allgemeine Ergebnisse finden. Formuliert unser Ergebnis allgemein mit „Je“ und „desto“.</i> Die LK legt die Sprachhilfen („Je“ und „desto“) in die Mitte. Gemeinsam mit der LK formulieren die SuS das Ergebnis. Zwischenergebnis Je rauer der Untergrund ist, desto stärker reibt sich der Puck mit dem Untergrund. Je glatter der Untergrund ist, desto weniger reibt sich der Puck mit dem Untergrund.	• Begriffskarten „rauer Untergrund“ und „glatter Untergrund“ • 1 Puck • 2 Sprachhilfen



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	LK: <i>Was hat das mit unserem Thema „Kraft“ zu tun?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Wenn der Untergrund rau ist, übt er eine starke Kraft auf den Puck aus und bremst ihn stärker. • Wenn der Untergrund glatt ist, übt er eine weniger starke Kraft auf den Puck aus und bremst ihn weniger. LK: <i>Was hat das Wort „Reibung“ damit zu tun?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Auf einem rauen Untergrund gibt es mehr Reibung. • Bei einem glatten Untergrund ist die Reibung nicht so groß. Die LK legt die Begriffskarten „große Reibung“ und „geringe Reibung“ an die entsprechenden Rampen. LK: <i>Wie heißt unser Ergebnis, mit dem Wort „Reibung“ in „Je-desto-Sätzen“?</i> Ergebnis Je glatter der Untergrund ist, desto geringer ist die Reibung. Je rauer der Untergrund ist, desto größer ist die Reibung. Die LK notiert das Ergebnis.	• Begriffskarten „große Reibung“ und „geringe Reibung“ • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Gruppenarbeit und Einzelarbeit 5 min	Ergebnissicherung Jeweils vier SuS erhalten zusammen je eine Probe der beiden Materialien, an der sie die Unterschiede noch einmal genau untersuchen und fühlen können. Die SuS untersuchen die Untergründe der Rampen mit Lupen und zeichnen sie (als Seitenansicht!) auf das Arbeitsblatt „Untergründe unter der Lupe“.	• 8x2 Materialproben • 8 Lupen • AB „Untergründe unter der Lupe“
Unterrichtsgespräch 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir beobachten</i> den geschubsten/geschobenen Puck. • <i>Wir vermuten</i>, wer den Puck gebremst hat/wer die Kraft ausübt, um den Puck zu bremsen. • <i>Wir besprechen</i> unsere Ideen, Beobachtungen und Vermutungen. • <i>Wir vermuten</i>, woran man die unterschiedlich große Reibung erkennen kann. • <i>Wir untersuchen</i>, auf welchem Untergrund sich ein Holzstück stark reibt und auf welchem Untergrund es sich nicht stark reibt.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	• <i>Wir dokumentieren</i> unsere Ergebnisse. • <i>Wir vermuten</i> – woran liegt es, dass sich die Holzstücke und die Untergründe unterschiedlich stark reiben? • <i>Wir vermuten</i>, auf welcher Rampe sich der Puck mehr reibt. • <i>Wir überprüfen</i> unsere Vermutung. • <i>Wir schreiben ein Ergebnis</i> in Form von Je-desto-Sätzen auf. • <i>Wir besprechen</i>, was der Untergrund mit der Reibung und der Kraft zu tun hat. • <i>Wir vergleichen</i> die Untergründe miteinander. • <i>Wir untersuchen</i> die Untergründe mit einer Lupe. • <i>Wir zeichnen</i> die Rampen.	

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Puck
	ggf. 1	<i>stark reibender Untergrund (Teppichboden, Stoff, Handtuch, Yogamatte, raue Pappe oder Wellkarton)</i>
	ggf. 1	<i>wenig reibender Untergrund (Tisch oder Steinboden)</i>
		<i>Tafel und Kreide</i>
	ggf. 1	<i>Plakat und Stift</i>
		<i>Magneten/Klebestreifen</i>
	1	Holzstück
	je 1	Materialprobe (Kunststoff und Schleifpapier)
	2	Rampen mit unterschiedlichem Untergrund (Kunststoff und Schleifpapier)
	1	Kiste (Materialkiste)
	mehrere	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	16	Holzstücke
	32	<i>DIN-A6-Blätter (2 pro Gruppe)</i>
	je 8	Materialproben (Kunststoff und Schleifpapier)
	8	<i>Lupen</i>

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	9	Begriffskarten („sich reiben“, „sich stark reiben“, „sich wenig reiben“, „Untergrund“, „rauer Untergrund“, „glatter Untergrund“, „Reibung“, „große Reibung“ und „geringe Reibung“)
	3	Bildkarten „Reibung“ („Bremse beim Fahrrad“, „Schneerutscher“ und „Carambole“)
	2	Fragekarten („Mit welchem Untergrund reiben sich Gegenstände wenig und werden deshalb wenig abgebremst?“ und „Mit welchem Untergrund reiben sich Gegenstände stark und werden deshalb stark abgebremst?“)
	2	Sprachhilfen („Je ...“ und „desto ...“)
	Schüleranzahl	AB „Flächen unter der Lupe“
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir beobachten“, „Wir vermuten“, „Wir besprechen etwas“, „Wir untersuchen“, „Wir dokumentieren“, „Wir überprüfen“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“, „Wir vergleichen“ und „Wir zeichnen“)

Sequenz 3: Wir finden heraus, wie uns Räder nutzen.

Zeitraumen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
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 (IK 2). • begründen die Kraftersparnis beim Einsatz von Rollen damit, dass die Rollen über den Untergrund abrollen, statt sich daran zu reiben (IK 2). • beschreiben, wie sich das Rad im Lauf der Geschichte weiterentwickelt hat, und nennen die wesentlichen Entwicklungsschritte (IK 2).	Wird ein direkt auf einer Fläche liegender Gegenstand bewegt, entsteht Reibung. Werden Rollen unter den Gegenstand gelegt, verringert sich die Reibung. Der Gegenstand lässt sich leichter über die Rollen bewegen. Räder rollen mit und müssen nicht immer wieder vor den Gegenstand gelegt werden. Räder vermindern zudem die Reibung durch eine geschickte Lagerung noch stärker als Rollen. Die Rolle spart Kraft, weil die Unebenheiten der beiden Flächen nicht gegeneinander reiben, sondern übereinander wegrollen. Die Entwicklung und Optimierung des Rads verlief über die Rolle, die Baumscheibe, das Holzspeichenrad, die Bereifung des Rads sowie das Speichenrad aus Metall.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • sind in der Lage, einfache technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, entsprechende Lösungsansätze zu entwerfen und zu realisieren (PK-T 1). • führen technische Versuche durch bzw. beteiligen sich an der Entwicklung (PK-T 1). • beschreiben bzw. entwerfen einfache Modelle und beschreiben ihre Vereinfachungen (PK-N 11). • analysieren zugängliche und bedeutsame technische Erfindungen (PK-T 2). • beschreiben und analysieren an Beispielen Veränderungen des Lebens durch den Einsatz technischer Lösungen (PK-T 3). • bewerten die Bedeutung technischer Entwicklungen für den Menschen, auch bezüglich unerwünschter Folgewirkungen (PK-T 3). • recherchieren zu technischen Gegenständen, Entwicklungen und Erfindungen Informationen und teilen die Ergebnisse mit (PK-T 4).	Ist mit der Aufgabe eine Problemstellung verbunden, so ist deren Schwierigkeit zu erfassen und es sind Lösungen zu entwerfen, zu realisieren und zu überprüfen. Versuche werden durchgeführt, um technische Funktionen und vermutete Zusammenhänge zu überprüfen. Die durch Beobachtungen gesammelten Daten sind die Basis für Schlussfolgerungen. Anhand von Modellen der Oberflächen von Rad und Untergrund erfassen die Schülerinnen und Schüler, welchen Vorteil abrollende Räder in Bezug auf die entstehende Reibung haben. Sie erfassen die Vereinfachungen des Modells. Das Rad ist eine der wichtigsten Erfindungen der Menschheit. An diesem Beispiel erfassen die Schülerinnen und Schüler, wie sich durch technische Erfindungen und Weiterentwicklungen das Leben der Menschen verändert hat. Die notwendigen Informationen recherchieren sie auf dem Arbeitsblatt.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Schülerinnen und Schüler übertragen die in der letzten Sequenz erarbeiteten Erkenntnisse auf eine neue Situation: Sie sollen einen schweren Gegenstand (einen Wasserkasten) auf dem Boden bewegen. Sie entwickeln Ideen, wie die Reibung des Ge-

genstands mit dem Boden verringert werden kann. Sie stellen die Last zunächst auf Stäbe, um sie darauf vorwärtszurollen. Anhand eines bebilderten Arbeitsblatts vollziehen sie die Erfindung des Rads (von der Rolle zum Rad) nach und sprechen über die Bedeutung dieser Erfindung für die Menschheit.

Am Ende der Stunde werden in dieser Sequenz eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Die Lehrkraft markiert im Vorfeld der Sequenz in der Klasse eine gerade Strecke (ca. 2 m), z. B. mithilfe von Kreppband.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 10 min	Wiederholung/Einstieg Die LK legt zwei Rampen, einen Puck und acht Begriffskarten (aus Sequenz 2) als Impuls in die Mitte. (ggf. Bezug auf das Arbeitsblatt „Flächen unter der Lupe“ nehmen, auf dem die beiden Rampen mit ihren Untergründen dargestellt wurden.) LK: <i>Was haben wir in der letzten Stunde herausgefunden?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Ein rauer Untergrund reibt sich mehr. • Je rauer ein Untergrund ist, desto größer ist die Reibung. Der Puck wird stark gebremst. • Über einen glatten Untergrund rutscht ein Gegenstand weiter. Es entsteht eine geringe Reibung. LK: <i>Wir haben in der letzten Stunde herausgefunden, dass es bei der Reibung darauf ankommt, wie rau der Untergrund ist. Auf einem glatten Untergrund hatte das Holzstück weniger Reibung als auf einem rauen Untergrund. Heute wollen wir herausfinden, wie wir die Reibung verringern können, wenn wir den Untergrund <u>nicht</u> verändern können. In der letzten Stunde haben wir uns diesen Puck (auf dem Boden zeigen) zugeschoben. Der Puck ist ziemlich leicht. Heute schauen wir uns diesen schweren Wasserkasten an (zeigen). Schiebt euch den Wasserkasten zu.</i> Die SuS schieben sich gegenseitig den Wasserkasten zu. LK: <i>Was passiert hierbei?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Der Boden und der Kasten reiben sich. • Der Kasten wird durch den Boden gebremst. LK: <i>Wie können wir es uns leichter machen, den Kasten zu transportieren?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Wir ziehen ihn auf einem ganz glatten Boden. • Wir können ihn tragen.	• 2 Rampen mit unterschiedlichem Untergrund • 1 Puck • Begriffskarten „sich reiben“, „sich stark reiben“, „sich wenig reiben“, „Untergrund“, „rauer Untergrund“, „glatter Untergrund“, „große Reibung“ und „geringe Reibung“ (aus Sequenz 2) • ggf. ausgefüllte AB „Untergründe unter der Lupe“ der SuS • 1 Wasserkasten



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	LK: <i>Die Idee, eine schwere Last mithilfe von Rollen zu transportieren, hatten die Menschen vor mehreren Tausend Jahren auch. Genau wie ihr waren sie damit aber noch nicht zufrieden. Es war zu umständlich. Sie machten eine der wichtigsten Entdeckungen, welche die Menschen bisher gemacht haben. Habt ihr eine Idee, was das sein könnte?</i> (Ggf. LK: <i>Praktischer wäre es doch, wenn die Rollen immer von selbst mitkämen.</i>) Mögliche Äußerungen der SuS: • Du musst Räder an eine Platte dranmachen. • Der schwere Gegenstand kann dann gefahren werden. Fahren geht einfacher als ziehen und einfacher als mit den Rollen. LK: <i>Heute wollen wir herausfinden, wie es zu dieser wichtigen Erfindung des Rads gekommen ist.</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 1. Lest die Texte zur Erfindung des Rads. 2. Schaut euch die Bilder an. 3. Malt an: Welcher Text gehört zu welchem Bild?	• ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift
Einzel- oder Partnerarbeit 10 min	Erarbeitung Die SuS bearbeiten das Arbeitsblatt „Die Erfindung des Rads“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe (□○○ □●○ □●●).	• AB „Die Erfindung des Rads“
Unterrichtsgespräch 10 min	Reflexion An der Tafel hängen fünf Bildkarten „Die Erfindung des Rads“ durcheinander. Die SuS bringen die Bilder gemeinsam in die richtige Reihenfolge. Zu jedem Bild erzählen die SuS, welcher Entwicklungsschritt dort zu sehen ist. LK: <i>Wie schafft man es also, dass schwere Gegenstände sich möglichst wenig mit dem Boden reiben und dadurch möglichst wenig abgebremst werden?</i> Ergebnis Räder sorgen dafür, dass Gegenstände sich möglichst wenig mit dem Untergrund reiben und dadurch möglichst wenig abgebremst werden. Die LK notiert das Ergebnis. LK: <i>Die Erfindung des Rads gilt als eine der wichtigsten Erfindungen der Menschheit. Wieso?</i> (Ggf. LK: <i>Wo gibt es überall Räder? (Einkaufswagen, Fahrrad, Auto, Dreirad, Roller, Kutsche, Schubkarren etc.) Was wäre, wenn wir keine Räder hätten?</i>)	• 5 Bildkarten B „Die Erfindung des Rads“ • Tafel und 5 Magneten/Klebestreifen • ausgefüllte AB „Die Erfindung des Rads“ der SuS • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Unterrichtsgespräch 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir besprechen</i>, was wir in der letzten Stunde herausgefunden haben. • <i>Wir beobachten</i>, was beim Schieben des Kastens passiert. • <i>Wir überlegen eine Lösung</i>, wie wir es uns leichter machen können, den Kasten zu transportieren. • <i>Wir besprechen</i>, was das Kind beim Transport des Kastens gespürt hat. • <i>Wir erkennen ein Problem</i> – das Umlegen der Stäbe ist auf Dauer umständlich. • <i>Wir vermuten</i>, welche Entdeckung die Menschen gemacht haben könnten. • <i>Wir dokumentieren</i> unsere Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt. • <i>Wir schreiben ein Ergebnis auf</i>. • <i>Wir bewerten</i> die Wichtigkeit des Rads für uns heute.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

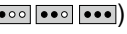
Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	2	Rampen mit unterschiedlichem Untergrund
	1	Puck
	ggf.	ausgefüllte AB „Flächen unter der Lupe“
	1	Kasten (z. B. Wasserkasten)
	6	Gymnastikstäbe
	1	markierte Strecke (ca. 2 m)
	5	Magneten/Klebestreifen
	1	Tafel und Kreide
	ggf. 1	Plakat und Stift
	mehrere	leere Satzstreifen und Stift

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	8	Begriffskarten („sich reiben“, „sich stark reiben“, „sich wenig reiben“, „Untergrund“, „rauer Untergrund“, „glatter Untergrund“, „große Reibung“ und „geringe Reibung“; aus Sequenz 2)
	1	Bildkarte A („Wie haben die Ägypter Reibung verringert?“)
	5	Bildkarten B „Die Erfindung des Rads“
	Schüleranzahl	AB „Die Erfindung des Rads“ (in drei Schwierigkeitsstufen; )
		Knobelaufgabe „Wie man in Afrika Räder nutzt“
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir besprechen etwas“, „Wir beobachten“, „Wir überlegen eine Lösung“, „Wir erkennen ein Problem“, „Wir bewerten“, „Wir vermuten“, „Wir dokumentieren“ und „Wir schreiben ein Ergebnis auf“)

Sequenz 4: Wir bauen Fahrzeuge, die gut rollen.

Zeitraumen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... konstruieren ein Fahrzeug aus Alltagsmaterialien, bewerten es im Hinblick auf unerwünschte Reibung und optimieren das Fahrzeug (IK 2).	Bei fix an der Achse befestigten Rädern muss die Achse drehbar am Fahrzeug befestigt werden. Wird die Achse fest mit dem Fahrzeug verbunden, müssen sich die Räder auf der Achse drehen können. Zudem sollten die Räder nicht an der Schachtel schleifen. Je weniger Reibung zwischen Rädern und Achse bzw. zwischen Achse und Lagerung bzw. zwischen Rädern und Fahrzeug vorliegt, desto weiter rollt das Fahrzeug.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - sind in der Lage, einfache technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, entsprechende Lösungsansätze zu entwerfen und zu realisieren (PK-T 1). - führen Fertigungsprozesse nach Anleitung bzw. nach eigener Planung durch (PK-T 1). - vergleichen und bewerten technische Problemlösungen im Hinblick auf den technischen Zweck, Materialökonomie und Originalität (PK-T 3). - auch: bewerten die Qualität ihrer Arbeiten und die der Arbeiten ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler (PK-N 12).	Die Herstellung technischer Gegenstände muss geplant und vorbereitet werden. Ist mit der Aufgabe eine Problemstellung verbunden, so ist deren Schwierigkeit zu erfassen und es sind Lösungen zu entwerfen, zu realisieren und zu überprüfen. Technisches Handeln verfolgt das Ziel, einen angestrebten Zweck zu erreichen. Die Produkte des Handelns sind daher im Hinblick auf den angestrebten Zweck zu beurteilen. Neben diesem können als weitere Kriterien die Qualität der Ausführung, die ökonomische Materialverwendung und die Originalität der Lösung reflektiert werden. Durch das Vergleichen von technischen Problemlösungen werden Unterschiede und Besonderheiten bewusst.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Gemeinsam mit der Lehrkraft führen die Schülerinnen und Schüler einen Versuch durch, bei dem sie die Reibung überprüfen. Anschließend bauen sie Fahrzeuge mit Rädern, testen und optimieren diese. Die Schülerinnen und Schüler zeichnen ihre Fahrzeuge und dokumentieren ihre Ergebnisse. Anschließend können die Fahrzeuge in einer Ausstellung präsentiert werden. Am Ende der Sequenz werden eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Da die Fahrzeuge von den Schülerinnen und Schülern mit nach Hause genommen werden können, muss alles für den Bau notwendige Verbrauchsmaterial vor dem Unterricht von der Lehrkraft bzw. den Schülerinnen und Schülern besorgt werden. Eine Liste mit möglichen Bezugsquellen findet sich im Literaturverzeichnis dieses Handbuchs. Sollten die Schülerinnen und Schüler das Fahrzeug in Partnerarbeit bauen, sollte ihnen Gelegenheit gegeben werden, ein weiteres Fahrzeug z. B. in der Freiarbeit zu

bauen, sodass jeder Schüler/jede Schülerin ein Fahrzeug mit nach Hause nehmen kann.

Die Rundholzstäbe (4 mm) müssen genau auf die Bohrung in den Holzrädern passen (Durchmesser 4 mm). Die Handhabung der zum Einsatz kommenden Werkzeuge sowie die Sicherheitsregeln müssen den Schülerinnen und Schülern bekannt sein bzw. mit ihnen erarbeitet werden.

Aufgrund des unterschiedlichen Arbeitstempos, der unterschiedlich ausgeprägten motorischen Fähigkeiten und des unterschiedlich vorhandenen technischen Verständnisses der Schülerinnen und Schüler sowie der jeweiligen Materialauswahl, ist bei der Erarbeitung mit individuell unterschiedlichem Zeitbedarf zu rechnen.

Mit den Schülerinnen und Schülern sollte vorher besprochen werden, dass die Gestaltung der Karosserie zunächst noch keine Rolle spielt. Im Vordergrund stehen der Funktionszusammenhang von Rad, Achse und Lager sowie die Verminderung der am Fahrzeug auftretenden unerwünschten Reibung. Anschließend kann die Karosserie des Fahrzeugs gestaltet werden.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 10 min	Einstieg Die LK stellt eine Schachtel in die Mitte des Sitzkreises. LK: <i>Was passiert, wenn ich diese Schachtel über den Boden schiebe?</i>  Mögliche Äußerungen der SuS: • Sie reibt sich mit dem Boden. • Sie wird vom Boden gebremst. Die LK schiebt die Schachtel über den Boden. Die SuS beobachten. LK: <i>Was können wir tun, damit diese Reibung geringer wird?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Da müssen Rollen dran. • Wenn wir Räder daran befestigen, reibt es sich weniger mit dem Boden. LK: <i>Ihr sollt herausfinden, wie die Räder möglichst gut an der Schachtel befestigt werden können. Diese Scheiben mit einem Loch in der Mitte (zeigen) sind in eurem Modell die Räder. Die Verbindung der Räder mit der Schachtel nennt man Achse. In eurem Modell könnt ihr dafür diesen Rundholzstab oder diesen Schaschlikspieß benutzen (zeigen). Die anderen Materialien und das Werkzeug (zeigen) helfen euch dabei, die Räder an oder unter der Schachtel zu befestigen. (Ggf. die Materialien und Werkzeuge noch einmal erklären.)</i> Die den SuS bekannten Regeln zum Umgang mit Werkzeugen werden wiederholt bzw. erarbeitet.	• 1 Schachtel (z. B. Tetra Pak) • 4 Holzräder • 1 Rundholzstab • 1 Schaschlikspieß • Materialien für die Materialtheke (s. Auflistung unten) • Werkzeuge (s. Auflistung unten)
Sitzkreis 5 min	Orientierung/Aufgabenstellung I LK: <i>Ihr sollt nun Räder an diese Schachtel (zeigen) bauen. Das Fahrzeugmodell soll möglichst gut rollen.</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) Baut Räder an die Schachtel. Die Räder sollen sich drehen.	• 1 Schachtel (z. B. Tetra Pak) • ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Partnerarbeit 30 min	Erarbeitung I Die SuS bauen Räder an ihre Schachtel. Es gibt zwei Möglichkeiten der Radbefestigung: 1. Sie sind fest an der Achse montiert, die Achse ist aber frei beweglich. 2. Die Achse ist fest und die Räder drehen sich auf der unbeweglichen Achse. Die SuS lassen ihre Fahrzeuge auf dem flachen Boden rollen und optimieren ggf. die Aufhängung des Rads. Wenn die SuS nicht weiterwissen, können sie andere SuS fragen oder auf die Tippkarten „Fahrzeug überprüfen“ zurückgreifen. <u>Differenzierung:</u> SuS, die mit dem Bau fertig sind, können das Arbeitsblatt „Unser Fahrzeug“ bearbeiten. Es liegt die Tippkarte „Fahrzeug zeichnen“ bereit.	• 16 Schachteln (z. B. Tetra Paks) • Materialien für die Materialtheke (s. Auflistung unten) • Werkzeuge (s. Auflistung unten) • 4 Tippkarten A „Fahrzeug überprüfen“ • AB „Unser Fahrzeug“ • 1 Tippkarte B „Fahrzeug zeichnen“
Sitzkreis 10 min	Zwischenreflexion LK: <i>Wie habt ihr gebaut, damit eure Fahrzeuge gut rollen? Welche Schwierigkeiten hattet ihr? Welche Tipps könnt ihr den anderen geben?</i> (Reflexionskarten zeigen) Einige SuS wählen aus den Reflexionskarten („Lösung“, „Problem“ und „Tipp“) Aspekte, die sie thematisieren möchten. Die SuS benennen wichtige Aspekte, die beim Anbringen der Räder beachtet werden müssen (Räder nicht fest an die Schachtel kleben, Räder sollten nicht an der Achse schleifen, Achsen müssen waagrecht angebracht werden, Räder auf der Achse in gleicher Höhe anbringen, Holzperlen helfen als Abstandhalter für die Räder, damit diese nicht auf der Achse verrutschen). LK: <i>An welchen Stellen reiben die Räder, sodass sie sich schlecht drehen? Wo reibt sonst etwas?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Wenn die Räder zu nah an der Schachtel sind, reiben sie sich mit dem Karton. • Die Achse reibt sich mit der Schachtel da, wo sie durchgesteckt ist. Das bremst das Auto.	• gebaute Fahrzeuge der SuS • Reflexionskarten A „Ich habe einen Tipp für dich“, „Ich habe eine Lösung gefunden“ und „Ich habe ein Problem“
Sitzkreis 5 min	Orientierung/Aufgabenstellung II LK: <i>Baut euer Fahrzeug so um, dass möglichst wenig Reibung entsteht und es möglichst weit rollt. Denkt beim Bauen an das, was wir zu Fahrzeugen und zur Reibung herausgefunden haben.</i>	



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) Baut euer Fahrzeug so um, dass möglichst wenig Reibung entsteht. Es soll möglichst weit rollen.	• ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift
Partnerarbeit 15 min	Erarbeitung II Die SuS überlegen sich, wie sie ihr Fahrzeug optimieren möchten und wählen aus dem Angebot geeignete Materialien aus. Sie testen ihr Fahrzeug an einer Rampe. Falls sie mit dem Ergebnis nicht zufrieden sind, korrigieren sie ihre Materialauswahl und versuchen, Baufehler zu beheben oder zu verbessern. Die LK kann mit Impulsen darauf hinweisen, wo am Fahrzeug Reibung auftritt und wie diese ggf. noch verringert werden könnte. Bei Schwierigkeiten steht die LK für Hilfestellungen bereit.	• gebaute Fahrzeuge der SuS • Materialien für die Materialtheke (s. Auflistung unten) • Werkzeuge (s. Auflistung unten) • 1 lange Rampe
Sitzkreis 10 min	Reflexion SuS präsentieren ihre Fahrzeuge und berichten von der Bauphase. Die zuhörenden SuS können eigene Erfahrungen aus der Bauphase nutzen, um Vermutungen bezüglich der Rollfähigkeit aufzustellen. Dabei nutzen sie die Reflexionskarten „Das Fahrzeug rollt gut, weil ...“ und „Das Fahrzeug rollt nicht gut, weil ...“. (Ggf. LK: <i>Wie habt ihr eure Fahrzeuge gebaut, damit möglichst wenig Reibung entsteht? Wie habt ihr das Rad an der Schachtel befestigt? Wie habt ihr eure Fahrzeuge gebaut, damit sich die Räder gut drehen?</i>) Die LK arbeitet im Gespräch heraus, was die Rollfähigkeit beeinflusst. Dabei nimmt sie immer wieder die Fragen auf: Wo entsteht Reibung? Wie kann diese minimiert werden? LK: <i>Fasst unsere Ergebnisse in Je-desto-Sätzen zusammen.</i> (Sprachhilfen zeigen) Ergebnis Je weniger Reibung beim Drehen von Achse und Rädern entsteht, desto weiter rollt das Fahrzeug. Die LK notiert das Ergebnis. LK: <i>Am Anfang haben wir gesagt, dass die Schachtel sich mit dem Boden reibt und vom Boden gebremst wird. Wie kommt es, dass die Schachtel mit Rädern viel weniger stark gebremst wird als die ohne Räder?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Weil die Räder rollen. • Weil die Räder sich weniger mit dem Boden reiben.	• gebaute Fahrzeuge der SuS • 1 lange Rampe • 1 Kiste • Reflexionskarten B „Das Fahrzeug rollt gut, weil ...“ und „Das Fahrzeug rollt nicht gut, weil ...“ • 2 Sprachhilfen • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Die LK nimmt ein von den SuS gebautes Fahrzeug mit Rädern. Sie schiebt es zuerst mit blockierten Rädern (Räder festhalten) über die Rampe, anschließend mit drehenden Rädern. Mögliche Äußerungen der SuS: • Das geht einfacher, wenn sich die Räder drehen. • Ist ja klar, dann reiben sich die Räder nicht so mit dem Boden. • Das rollt über den Boden weg. • Rollen ist besser, als wenn das übereinanderreibt. Die LK demonstriert den obigen Versuch nochmals im gegenständlichen Modell, wie „unter der Lupe“. LK: <i>Stellt euch vor, wir hätten eine sehr starke Lupe zur Verfügung. Unser Boden sähe dann so aus, wie diese Wellpappe (zeigen). Hier kann man gut erkennen, dass er nicht ganz glatt ist. Wenn wir die Schachtel unter der starken Lupe angucken würden, könnten wir sehen, dass auch sie keinen ganz glatten Untergrund hat. Auch sie sähe so ähnlich aus wie diese Wellpappe.</i> <i>Was passiert, wenn die beiden Flächen aufeinanderliegen (die beiden übereinander verhakten Flächen demonstrieren) und ich dann versuche, sie übereinander hinwegzuschieben?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Die verhaken sich ineinander. Die halten sich fest. • Es braucht mehr Kraft, um das zu verschieben, wenn die übereinander liegen. • Die Zacken bremsen sich. LK: <i>Auch bei unserem Rad könnte man mit einer sehr starken Lupe sehen, dass dieses nicht ganz glatt ist. Der Unterschied zum Untergrund der Schachtel ist aber, dass das Rad rund ist (Rad mit Wellpappe zeigen). Was passiert, wenn ich das Rad über den Untergrund bewege? (Rad mit Wellpappe über die flache Wellpappe rollen)</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Das rollt übereinander weg. • Die Zacken bremsen jetzt viel weniger. LK: <i>Was haben wir herausgefunden?</i> Ergebnis Räder verringern die Reibung. Die Räder müssen drehbar befestigt werden, damit sie auf dem Boden abrollen können. Durch das Abrollen wird die Reibung verringert. Die LK notiert das Ergebnis.	• 1 gebautes Fahrzeug der SuS • 1 Kiste • 1 lange Rampe • 2 Plättchen mit Wellpappe • 1 Rad mit Wellpappe • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir vermuten</i>, was wir tun können, um die Reibung zu verringern. • <i>Wir bauen</i> Räder an die Schachtel. • <i>Wir besprechen</i> unsere Vorgehensweisen beim Bau. • <i>Wir erkennen ein Problem</i>: Die Räder dürfen sich nicht mit dem Fahrzeug reiben – dann rollt das Fahrzeug nicht gut. • <i>Wir überlegen eine Lösung</i>, wie wir das Fahrzeug umbauen können, sodass es möglichst weit rollt. • <i>Wir bewerten</i> unser Fahrzeug und wie gut es rollen kann. • <i>Wir verbessern</i> unser gebautes Fahrzeug. • <i>Wir besprechen</i> unsere Erfahrungen aus der Bauphase. • <i>Wir schreiben ein Ergebnis</i> in Form von Je-desto-Sätzen auf. • <i>Wir vermuten</i>, woran es liegt, dass unser Fahrzeug mit den Rädern weniger stark gebremst wird als ohne die Räder. • <i>Wir beobachten</i>, was passiert, wenn die beiden Flächen aufeinanderliegen und wir sie dann übereinander hinwegschieben. • <i>Wir beobachten</i>, was passiert, wenn das Rad über Wellpappe bewegt wird.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Schachtel (z. B. Tetra Pak)
	4	Holzräder mit 4-mm-Bohrung für die Achse
	1	Rundholzstab (Durchmesser 4 mm)
	1	Schaschlikspieß
	1	<i>lange Rampe</i>
	1	Kiste (Materialkiste)
	2	Plättchen mit Wellpappe
	1	Rad mit Wellpappe
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>
		<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>ggf. 1</i>	<i>Plakat und Stift</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	16	Schachteln (z. B. Tetra Pak)
	min. 32	Rundholzstäbe (Durchmesser 4 mm, als eine mögliche Form der Achse)
	min. 64	Holzräder mit Bohrloch (4 mm) für die Achse
		Scheren
		Nagelbohrer/Handbohrer oder Prickelnadeln (zum Bohren von Löchern für die Achse in der Schachtel)
		Kneifzangen oder Seitenschneider (zum Kürzen der Rundhölzer und Schaschlikspieße)
		Lineale
		Holzperlen (Lochdurchmesser 3 mm, als Abstandhalter auf den Schaschlikspießen)
		Trinkhalme (als eine mögliche Lagerung für die Achse, die sich im Strohalm dreht)
		Schaschlikspieße (Durchmesser 3 mm, als eine mögliche Form der Achse)
		Knete
		Klebstoff
		Klebeband/Kreppband
		Klebe pads (z. B. Patafix)

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	3	Reflexionskarten A („Ich habe einen Tipp für dich“, „Ich habe eine Lösung gefunden“ und „Ich habe ein Problem“)
	2	Reflexionskarten B („Das Fahrzeug rollt gut, weil ...“ und „Das Fahrzeug rollt nicht gut, weil ...“)
	2	Sprachhilfen („Je ...“ und „desto ...“)
	4	Tippkarten A „Fahrzeug überprüfen“
	1	Tippkarte B „Fahrzeug zeichnen“
	Schüleranzahl	AB „Unser Fahrzeug“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Rollt das Fahrzeug gut?“
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir besprechen etwas“, „Wir vermuten“, „Wir bauen“, „Wir erkennen ein Problem“, „Wir überlegen eine Lösung“, „Wir bewerten“, „Wir verbessern“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“, „Wir beobachten“)

Bezugsquellen für Verbrauchsmaterialien und Werkzeuge sind zum Beispiel:

- Opitex (www.opitex.de): Holzräder mit 4-mm-Bohrung, Holzperlen mit 3-mm-Bohrung, Rundholzstäbe (4 mm), Kneifzangen, Seitenschneider
- Traudl Riess KG (www.traudl-riess.de): Holzräder, Kneifzangen, Seitenschneider
- Aduis (www.aduis.de): Holzperlen mit 3-mm-Bohrung
- Grillbedarf: Schaschlikspieße (3 mm)

5.4.2 Unterrichtseinheit 2: Wir sparen Kraft mit Rampen. (Themenbereich „Kraft sparen durch einfache Maschinen (schiefe Ebene, Hebel und Getriebe)“)

Sequenz 1: Wir untersuchen unterschiedlich steile Rampen.

Zeitraumen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - stellen einen Zusammenhang zwischen der Steilheit der Rampe und der Kraftersparnis her (je steiler, desto mehr Kraft ist notwendig) (IK 5). - 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 (IK 5). - berichten, wo Rampen im Alltag eingesetzt werden und begründen, warum ihr Einsatz sinnvoll ist (IK 5).	Eine Rampe (schiefe Ebene) ist eine einfache Maschine. Einfache Maschinen vermindern die benötigte Kraft. Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen. Die verrichtete Arbeit ist dieselbe. Je steiler die Rampe, d. h. je kürzer der Weg, desto mehr Kraft muss aufgewendet werden, um einen Gegenstand die Rampe hinauf zu ziehen oder zu schieben. Rampen wurden bzw. werden in vielen Situationen im Alltag genutzt: z. B. Rampen beim Bau der ägyptischen Pyramiden, Rampen für Rollstuhlfahrer, Rampen beim Beladen von Fahrzeugen.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - entwerfen einfache Versuche zur Beantwortung von Fragen und überlegen Arbeitsschritte zu deren Realisierung (PK-N 4). - führen technische Versuche durch bzw. beteiligen sich an der Entwicklung (PK-T 1). - auch: führen einfache Versuche oder Experimente durch (PK-N 5). - ziehen Schlussfolgerungen im Sinne der Bestätigung oder Falsifikation einer Vermutung bzw. der Beantwortung einer Frage (PK-N 10). - nutzen Messgeräte sachgerecht (richtiges Anlegen der Messgeräte, richtiges Ablesen etc.) (PK-N 7). - beschreiben die Bedeutung des Abgelesenen und interpretieren die angegebenen Einheiten (PK-N 7). - beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen) (PK-T 2). - auch: formulieren Generalisierungen im Sinne von Je-desto-Beziehungen (PK-N 10).	Versuche werden durchgeführt, um Fragen zu beantworten. Die Versuchsbedingungen müssen so gestaltet sein, dass eine Beantwortung der Frage möglich ist. Versuche werden durchgeführt, um (technische) Fragen zu beantworten. Die durch Beobachtungen gesammelten Daten sind die Basis für Schlussfolgerungen. Eine Vermutung kann mit beobachteten Daten (aus dem Experiment) falsifiziert oder belegt werden. Mit Messungen können Beobachtungen quantifiziert werden. Die Quantifizierung erlaubt genauere Aussagen als eine Schätzung. Das Ergebnis muss interpretiert werden. Das Beschreiben allgemeiner technischer Zusammenhänge und zugrunde liegender naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ist das Ziel vieler Untersuchungen. Je-desto-Beziehungen sind eine Form einer qualitativen Generalisierung, die auf dem Vergleich mehrerer Beobachtungen beruht.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Schülerinnen und Schüler ziehen einen Spielzeugwagen an einer Schnur unterschiedlich steile Rampen hinauf und spüren, dass sie dafür unterschiedlich viel Kraft benötigen. Mit einer Feder lässt sich die Kraft genauer bestimmen. Das Messen der Kraft bei allen drei Rampen wird im Sitzkreis durchgeführt.

Aus dem Beobachteten schließen die Schülerinnen und Schüler, dass man zum Hochziehen bei der längsten und flachsten Rampe am wenigsten Kraft

benötigt. Sie formulieren ihr Ergebnis anschließend in Form eines Je-desto-Satzes und halten es auf einem Arbeitsblatt fest. Knobelaufgaben geben Hinweise zur Nutzung von Rampen früher und heute. Hierbei wird bei der Zusatzaufgabe der Knobelaufgabe „Eine Pyramide bauen“ eine Verbindung zur Sequenz 4 der Unterrichtseinheit 1 für die Klasse 3/4 (Wir bauen Fahrzeuge, die gut rollen) hergestellt. Zum Abschluss werden eingesetzte Forschungstätigkeiten gemeinsam zusammengetragen und geklärt.

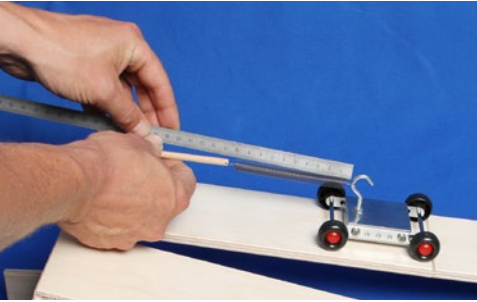
Organisatorische Hinweise

Es bietet sich an, die Versuche mit den Rampen auf dem Boden durchzuführen, damit der Wagen nicht

aus großer Höhe auf den Boden fällt und beschädigt wird.

Verlaufsplanung

[illegible]

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Mögliche Äußerungen der SuS: • Die Feder wird ganz lang, wenn man dran zieht. • Die Feder wird ganz lang, wenn man viel Kraft braucht. LK: <i>Warum ist es besser, die Feder statt der Schnur zu benutzen?</i> Die LK zeigt den SuS an einer Rampe, wie man mit der Feder messen kann, wo man sie anfassen muss und was mit der Feder passiert (die Länge der Ausdehnung der Feder ist das Maß für die Kraft, die man benötigt, um den Wagen hochzuziehen; die Ausdehnung der Feder kann man mit einem Lineal in Zentimetern messen).  Aufgabe LK: <i>Misst die Länge der Feder bei allen drei Rampen. Bei welcher Rampe brauchst du am wenigsten Kraft, um den Wagen hochzuziehen?</i> (Fragekarte zeigen)	• 1 Lineal • Fragekarte „Bei welcher Rampe brauchst du am wenigsten Kraft?“
Sitzkreis 10 min	Erarbeitung Ein Kind zieht einen Wagen auf einer Rampe nach oben. Ein anderes Kind misst die Länge der Feder (Länge notieren). Die Messung wird durch weitere SuS an allen drei Rampen wiederholt. Die SuS beobachten, dass • die Feder bei der flachsten Rampe die geringste Ausdehnung hat, sie also am wenigsten Kraft brauchen. • die Feder bei der mittleren Rampe eine mittlere Ausdehnung hat. • die Feder bei der steilsten Rampe die stärkste Ausdehnung hat, sie dort also am meisten Kraft brauchen. LK: <i>Was zeigt uns nun die Länge der Feder? Auf welcher Rampe benötigst du am wenigsten Kraft?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Eine lange Feder zeigt: Ich brauche viel Kraft. • Eine kurze Feder zeigt: Ich brauche wenig Kraft. • Auf der längsten Rampe braucht man am wenigsten Kraft.	• 1 Wagen • 1 Gestell • 3 unterschiedlich lange Rampen • 1 Feder an Rundstab • 1 Lineal



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Theaterkreis 20 min	Reflexion Die LK heftet die Fragekarte „Bei welcher Rampe brauchst du am wenigsten Kraft?“ an die Tafel. LK: <i>Forscherinnen und Forscher versuchen immer, allgemeine Antworten und Ergebnisse zu finden. Dafür benutzen sie z. B. die Wörter „je“ und „desto“ (Sprachhilfen zeigen). Bilde aus unserem Ergebnis Sätze mit „je ...“ und „desto ...“.</i> Zwischenergebnis Je flacher die Rampe, desto weniger Kraft brauche ich. Je steiler die Rampe, desto mehr Kraft brauche ich. Die LK notiert das Zwischenergebnis. LK: <i>Ihr könnt also Kraft sparen bei der flachen Rampe. Nun vergleicht, wie lang der Weg ist, über den ihr den Wagen nach oben ziehen müsst.</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Bei der ganz flachen Rampe muss ich am längsten ziehen. • Bei der kurzen Rampe ist der Weg kürzer, aber ich muss mich mehr anstrengen. LK: <i>Versucht nun, die Kraft, die ihr braucht und den Weg, den ihr ziehen müsst, zusammen zu beschreiben. (ggf. Satzteilkarten A als Impuls nutzen)</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Bei der steilen und kurzen Rampe brauche ich viel Kraft und habe aber einen kurzen Weg. • Bei der flachen und langen Rampe brauche ich wenig Kraft und habe aber einen langen Weg. LK: <i>Könnt ihr dieses Ergebnis auch mit den Wörtern „je ...“ und „desto ...“ formulieren? (ggf. Satzteilkarten B oder Sprachhilfen als Impuls nutzen)</i> Ergebnis Je steiler die Rampe ist, desto mehr Kraft brauche ich und desto kürzer ist der Weg. Je flacher die Rampe ist, desto weniger Kraft brauche ich und desto länger ist der Weg. Die LK notiert das Ergebnis. Zum Schluss überlegen die SuS, welchen Weg sie nun mit dem Handwagen wählen würden und vergleichen dies mit ihren Aussagen vom Anfang.	• Fragekarte „Bei welcher Rampe brauchst du am wenigsten Kraft?“ • Tafel und Magnet/Klebestreifen • 2 Sprachhilfen • 1 Gestell • 3 unterschiedlich lange Rampen • leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide • ggf. Satzteilkarten A • ggf. Satzteilkarten B • ggf. 2 Sprachhilfen • leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Mithilfe von Bildkarten und/oder Knobelaufgaben thematisiert die LK, wozu Rampen früher und heute benutzt wurden bzw. werden. Die SuS suchen nach weiteren Beispielen aus ihrem Alltag (Fahrzeug mit Rampe für Rollstuhlfahrer, Pferdeanhänger mit Rampe zum Aufladen der Pferde, Rampe zum Aufladen eines Fahrzeugs beim Abschleppen, Rampe beim Ab- und Aufladen von Baustellenfahrzeugen zum Transport usw.). Anschließend halten die SuS das Ergebnis auf dem Arbeitsblatt „Rampen im Vergleich“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe (  ) fest.	• 5 Bildkarten B „Nutzung von Rampen“ und/oder Knobelaufgaben • AB „Rampen im Vergleich“
An Tischen 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können im Verlauf des weiteren Unterrichts ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir vermuten</i>, welchen Weg wir mit unserem Wagen wählen würden. • <i>Wir vermuten</i>, bei welcher Rampe am wenigsten Kraft benötigt wird. • <i>Wir überprüfen</i> unsere Vermutung, indem wir die Länge der Feder messen. • <i>Wir untersuchen</i>, bei welcher Rampe wir weniger Kraft brauchen. • <i>Wir beobachten</i>, bei welcher Rampe wir am wenigsten Kraft benötigen, indem wir die Länge der Feder in Zentimetern vergleichen. • <i>Wir überlegen</i>, warum es besser ist, die Feder anstatt einer Schnur benutzen. • <i>Wir beobachten</i>, dass die Feder bei der flachsten und längsten Rampe die geringste Länge hat, man dort also am wenigsten Kraft braucht. • <i>Wir beobachten</i>, dass die Feder bei der mittleren Rampe eine mittlere Länge hat. • <i>Wir beobachten</i>, dass die Feder bei der steilsten und kürzesten Rampe die längste Länge hat, man dort also am meisten Kraft braucht. • <i>Wir dokumentieren</i> unsere Beobachtungen auf dem Arbeitsblatt. • <i>Wir schreiben ein Ergebnis</i> in Form von Je-desto-Sätzen auf. • <i>Wir vergleichen</i> unsere Aussagen vom Anfang mit unserem Ergebnis am Ende.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	3	unterschiedlich lange Rampen
	1	Wagen
	1	Schnur mit Schlaufen (ca. 160 mm)
	1	Feder an Rundstab
	1	Gestell
		<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>
	<i>1 ggf. mehr</i>	<i>Magneten und Klebestreifen</i>
	<i>1</i>	<i>Lineal</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Wagen
	3	unterschiedlich lange Rampen
	1	Gestell
	1	Schnur mit Schlaufen (ca. 160 mm)
	1	Feder an Rundstab
	<i>1</i>	<i>Lineal</i>

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	1	Bildkarte A „Handwagen“
	1	Fragekarte („Bei welcher Rampe brauchst du am wenigsten Kraft?“)
	1	Begriffskarte („Rampe“)
	2	Sprachhilfen („Je ...“ und „desto ...“)
	6	Satzteilkarten A („Bei der steilen und kurzen Rampe“, „brauche ich viel Kraft“, „und habe einen kurzen Weg.“, „Bei der flachen und langen Rampe“, „brauche ich wenig Kraft“ und „und habe einen langen Weg.“)
	6	Satzteilkarten B („Je steiler die Rampe ist“, „desto mehr Kraft brauche ich“, „und desto kürzer ist der Weg.“, „Je flacher die Rampe ist“, „desto weniger Kraft brauche ich“ und „und desto länger ist der Weg.“)
	Schüleranzahl	AB „Rampen im Vergleich“
	5	Bildkarten B „Nutzung von Rampen“ („Auf welchem Weg brauchst du am meisten Kraft, um nach oben zu kommen?“, „Wie haben die Ägypter beim Bau von Pyramiden Kraft gespart?“, „Warum nimmt der Mann eine so lange Rampe, um das Fass auf das Auto zu rollen?“ und „Welche Rampe sollte der Rollstuhlfahrer nehmen? Warum?“)
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir vermuten“, „Wir überlegen“, „Wir untersuchen“, „Wir überprüfen“, „Wir beobachten“, „Wir dokumentieren“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“ und „Wir vergleichen“)
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Eine Pyramide bauen“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Eine Rampe vor einem Haus“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Das Fass“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Der Berg“

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Einen Wagen eine Rampe hochziehen

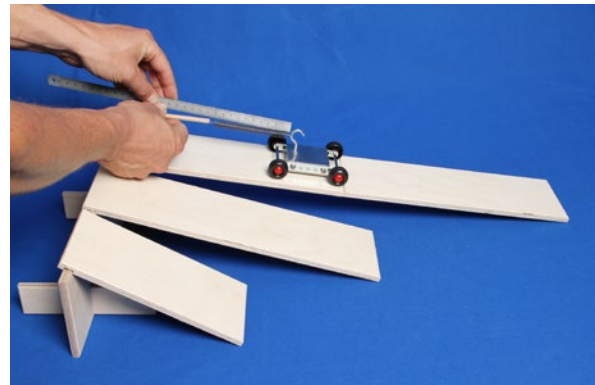
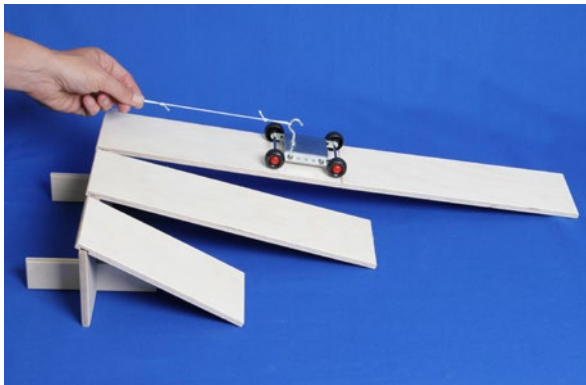


Abb. 5 und 6: Ein Wagen wird an einer Schnur und anschließend an einer Feder die Rampe hochgezogen.

Material:

- 1 Gestell
- 3 unterschiedlich lange Rampen
- 1 Wagen
- 1 Schnur mit Schlaufen (ca. 160 mm)
- 1 Feder an Rundstab

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Lehrkraft befestigt die drei Rampen am Gestell und das Band am Wagen. Nacheinander zieht sie und anschließend einige Schülerinnen und Schüler den Wagen auf jeder der drei Rampen nach oben. Die Schülerinnen und Schüler beschreiben, dass sie spüren, wie sie unterschiedlich stark ziehen müssen. Die Lehrkraft zeigt eine Feder (befestigt an einem Rundstab) und lässt die Schülerinnen und Schüler den Wagen mit der Feder am Rundstab hochziehen. Sie beobachten, dass man nun an der Feder *sehen* kann, wie sich die benötigte Kraft bei den drei verschiedenen Rampen verändert. Bei der langen und flachen Rampe ist die Feder am geringsten ausgedehnt. Der Versuch wird von mehreren Schülerinnen und Schülern wiederholt; die Ausdehnung der Feder auf den drei Rampen wird mit dem Lineal in Zentimetern gemessen. Die Schülerinnen und Schüler schließen aus dem Versuch, dass man auf der flachen und langen Rampe am wenigsten Kraft benötigt, um den Wagen nach oben zu ziehen.

Hintergrund:

Eine Rampe ist eine schiefe Ebene – sie ist eine einfache Maschine, mit der man Kraft sparen kann. Dabei wird Kraft auf Kosten des Wegs gespart (Goldene Regel der Mechanik): Je länger und flacher die Rampe ist, umso weniger Kraft benötigt man, um etwas hinauf zu ziehen oder zu schieben. Dafür muss man über einen längeren Weg ziehen bzw. schieben.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Je steiler und kürzer die Rampe, desto mehr Kraft brauche ich und umso kürzer ist der Weg.

Je flacher und länger die Rampe, desto weniger Kraft brauche ich und umso länger ist der Weg.

Organisation:

- ➔ Sitzkreis
- ➔ Die Rampen sollten am besten auf dem Boden aufgebaut werden, damit der Wagen beim etwaigen Herunterfallen nicht beschädigt wird.

Sequenz 2: Wir erproben unterschiedlich steile Rampen in der Turnhalle. (optional)

Zeitraumen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • geben an, dass eine Rampe das Nach-oben-Transportieren von Lasten erleichtert, weil weniger Kraft wirken muss als beim lotrechten Hochheben einer Last (IK 5). • stellen einen Zusammenhang zwischen der Steilheit der Rampe und der Kraftersparnis her (je steiler, desto mehr Kraft ist notwendig) (IK 5).	Eine Rampe (schiefe Ebene) ist eine einfache Maschine. Einfache Maschinen vermindern die benötigte Kraft. Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen. Die verrichtete Arbeit ist dieselbe. Je steiler die Rampe, d. h. je kürzer der Weg, desto mehr Kraft muss aufgewendet werden, um einen Gegenstand die Rampe hinauf zu ziehen oder zu schieben. Das lotrechte Hochziehen einer Last erfordert im Vergleich zur Rampe mehr Kraft. Je steiler die Rampe, desto mehr Kraft ist nötig. Je flacher die Rampe, desto weniger Kraft ist nötig. Ohne Rampe ist es am schwersten.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • führen technische Versuche durch bzw. beteiligen sich an der Entwicklung (PK-T 1). • auch: führen einfache Versuche oder Experimente durch (PK-N 5). • ziehen Schlussfolgerungen im Sinne der Bestätigung oder Falsifikation einer Vermutung bzw. der Beantwortung einer Frage (PK-N 10). • beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen) (PK-T 2). • auch: formulieren Generalisierungen im Sinne von Je-desto-Beziehungen (PK-N 10).	Versuche werden durchgeführt, um (technische) Fragen zu beantworten. Die gesammelten Daten sind die Basis für Schlussfolgerungen. Eine Vermutung kann mit beobachteten Daten (aus dem Experiment) falsifiziert oder bestätigt werden. Das Beschreiben allgemeiner technischer Zusammenhänge und zugrunde liegender naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ist das Ziel vieler Untersuchungen. Je-desto-Beziehungen sind eine Form einer qualitativen Generalisierung, die auf dem Vergleich mehrerer Beobachtungen beruht.

Kurzbeschreibung der Sequenz

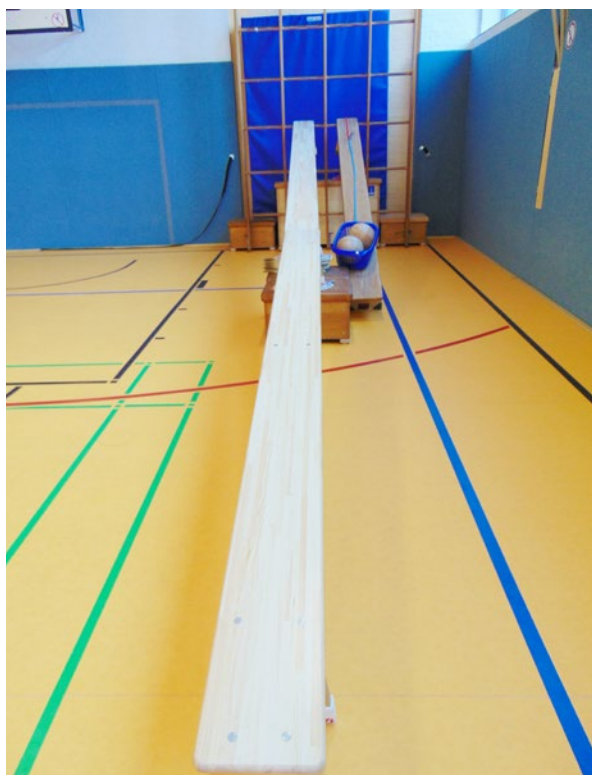
Die Lehrkraft kündigt an, dass die Schülerinnen und Schüler nun im Sportunterricht Erfahrungen am eigenen Körper zu den in der vorangegangenen Sequenz erarbeiteten Erkenntnissen machen können. In Gruppen arbeiten die Schülerinnen und Schüler an drei Stationen. Sie probieren verschiedene Möglichkeiten aus, eine Last (einen Korb mit schweren Bällen) nach oben zu transportieren. An Station 1 ziehen sie die Last über eine kurze, steile Bank nach oben. An Station 2 ziehen sie die Last über eine längere, weniger steile Rampe (zwei Bänke hintereinander) hoch. Bei Station 3 ziehen sie die Last senkrecht nach oben. Anschließend besprechen die Schülerinnen und Schüler, an welcher Station sie am meisten bzw. am wenigsten Kraft gebraucht haben. Sie vergleichen, wie lang der Weg war, über den sie den Korb gezogen haben. Die Erkenntnisse werden mündlich zusammengetragen.

Organisatorische Hinweise

Die Sequenz findet in der Turnhalle statt. Die Sicherheitsbestimmungen des Sportunterrichts müssen beachtet werden.

Die Stationen in der Turnhalle sollten bereits aufgebaut sein. Falls genügend große Kästen zur Verfügung stehen, sollte die Station 3 doppelt aufgebaut werden. Sollte es nicht möglich sein, die benötigte Gitterwand auszuklappen, kann für die Stationen 1 und 2 auch eine Reckstange verwendet werden.

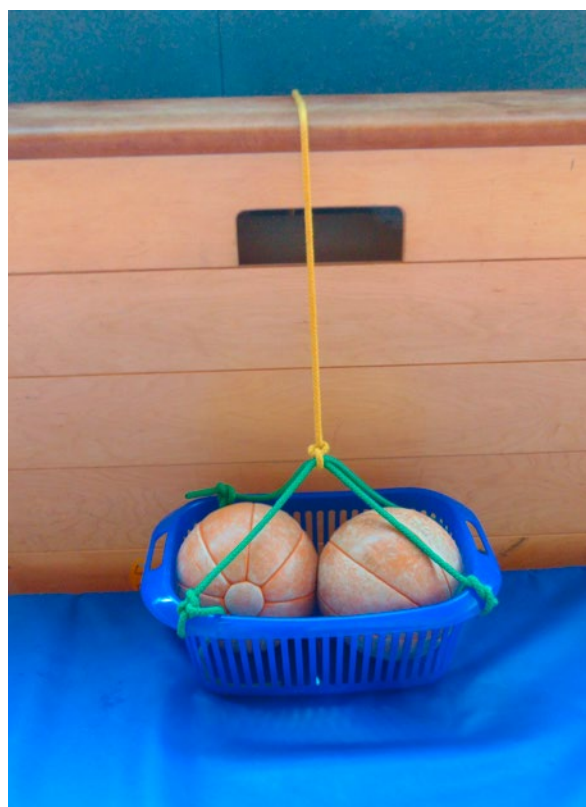
Stationen 1 und 2



Station 3



Stationen 1–3



VERSUCHSBESCHREIBUNG FÜR STATIONEN 1 UND 2

Wir ziehen den Korb über eine flache und eine steile Rampe nach oben.

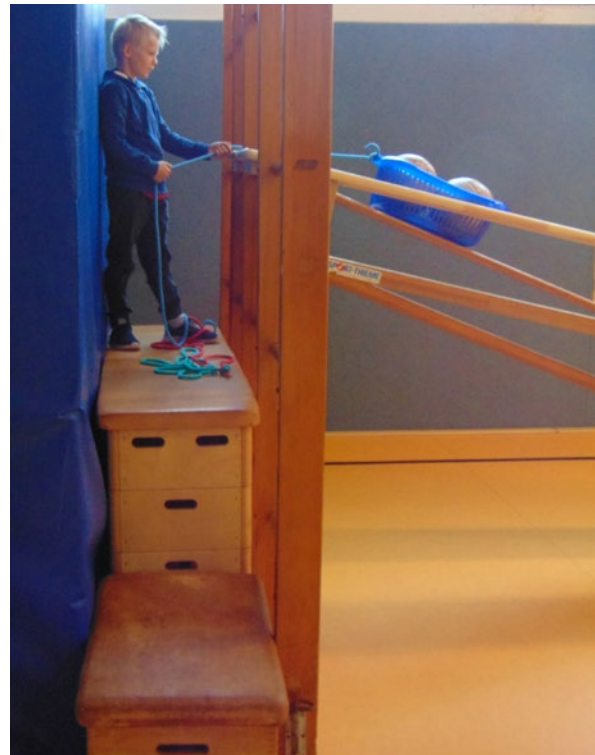


Abb. 11 und 12: Die Schülerinnen und Schüler ziehen Körbe mit Medizinbällen über zwei verschieden steile und lange Rampen hoch.

Material:

- 1 Gitterwand
- ggf. 1 Sprossenwand
- 3 Langbänke
- 1 großer Kasten
- 4 Springseile
- 2 gleich große Wäschekörbe
- 4–6 Medizinbälle (je nach Gewicht der Bälle)
- 1 dicke Weichbodenmatte (zur Absicherung)
- 5 Turnmatten
- 3 kleine Kästen (2 davon zum Aufbocken der Langbänke bei der langen Rampe)

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Über zwei unterschiedlich steile und unterschiedlich lange Rampen ziehen die Schülerinnen und Schüler mithilfe eines Seils einen beladenen Korb hoch. Sie beobachten und fühlen, an welcher der beiden Rampen ihnen das Ziehen schwerer fällt. Das Ergebnis vergleichen sie mit der Station 3 am Kasten, an welcher der Korb senkrecht nach oben gezogen wird. Nach Durchführen der Versuche an den Stationen 1, 2 und 3 vergleichen die Schülerinnen und Schüler, an welcher Station ihnen das Hochziehen am schwersten bzw. am leichtesten gefallen ist.

Hintergrund:

Wird ein Gewicht über eine Rampe auf ein höheres Niveau gezogen, ist weniger Kraft notwendig, als wenn dieses Gewicht senkrecht (im 90°-Winkel zum Boden) angehoben wird. Grund dafür sind der längere Weg und der weniger steile Winkel (weniger als 90° zum Boden) bei der Rampe. Bei der Station mit der kürzeren Rampe ist der Weg kürzer, der Winkel dafür steiler – es muss also mehr Kraft aufgewendet werden als bei der längeren Rampe.

Die geleistete Arbeit bleibt allerdings in allen drei Fällen gleich: Arbeit gleich Kraft mal Weg.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Je flacher die Rampe ist, desto länger ist der Weg (bei gleicher Höhe). Ich muss daher über einen längeren Weg ziehen, damit der Korb oben ankommt. Je flacher die Rampe ist, desto weniger Kraft brauche ich.

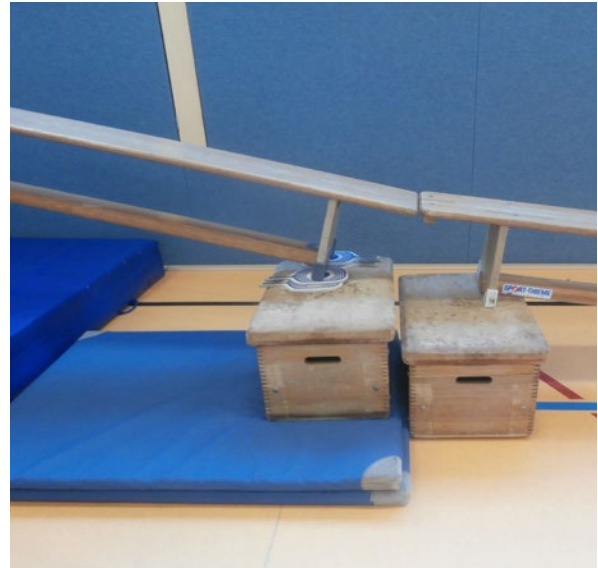
Beim senkrechten Hochziehen brauche ich am meisten Kraft.

Organisation:

Gruppenarbeit

Praktische Tipps zu den Stationen 1 und 2:

1. An den Stirnseiten stoßen die Bänke der langen Rampe zusammen. Hier müssen sie möglichst gut ausgerichtet werden. Dazu kann man kleine Kästen verwenden. Für die genaue Ausrichtung nutzt man am besten untergelegte Turnmatten.



2. Sicherheitsmaßnahme:
Damit die Schülerinnen und Schüler nicht in den Zwischenraum zwischen Wand und Kasten fallen können, muss dieser mit einer Weichbodenmatte verschlossen werden.



3. Die Körbe selber müssen „direkt“ gezogen werden, d. h. das Seil darf nicht über eine der Sprossen der Gitterwand geführt werden.



VERSUCHSBESCHREIBUNG FÜR STATION 3

Wir ziehen den Korb senkrecht nach oben.



Abb. 16 und 17: Die Schülerinnen und Schüler ziehen einen beladenen Korb an einem Seil senkrecht nach oben auf einen Kasten.

Material:

- 1 großer Kasten
- 2 kleine Kästen
- 1 Weichbodenmatte oder mehrere Turnmatten (zur Absicherung)
- 2 Springseile
- 1 Wäschekorb
- 2–3 Medizinbälle

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Ein Kind steht auf einem großen Kasten und zieht mithilfe eines Seils einen mit Medizinbällen gefüllten Korb senkrecht hoch. Der Korb sollte den Kasten beim Hochziehen nicht berühren. Nach Durchführen der Versuche an den Stationen 1, 2 und 3 vergleichen die Schülerinnen und Schüler, an welcher Station ihnen das Hochziehen am schwersten bzw. am leichtesten gefallen ist.

Hintergrund:

Wird ein Gegenstand über eine Rampe auf eine bestimmte Höhe gezogen, ist weniger Kraft notwendig als wenn er senkrecht mit einem Seil hochgezogen wird. Diese Krafteinsparung geht jedoch einher mit einem längeren Weg.

Bei dieser Station muss also mehr Kraft aufgewendet werden als bei den Rampen. Die geleistete Arbeit bleibt allerdings gleich, da sie sowohl von der Kraft als auch vom Weg abhängig ist: Arbeit gleich Kraft mal Weg.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Wird der Korb senkrecht hochgezogen, benötige ich viel mehr Kraft als wenn ich ihn über eine Rampe auf die gleiche Höhe ziehe.

Organisation:

Gruppenarbeit

Praktische Tipps:

1. Der Bereich um den großen Kasten, auf dem die Schülerinnen und Schüler stehen, muss mit Turnmatten abgesichert werden.
2. Um zu vermeiden, dass die Schülerinnen und Schüler beim Hochziehen nach hinten fallen, sollte der Kasten direkt an einer Wand stehen.
3. Kleine Kästen erleichtern es den Schülerinnen und Schülern, auf den Kasten zu steigen.
4. Der Korb ist an allen vier Ecken mit dem Seil verbunden. Er wird „direkt“ von oben hoch gezogen.

5.4.3 Unterrichtseinheit 3: Wir sparen Kraft mit Hebeln. (Themenbereich „Kraft sparen durch einfache Maschinen (schiefe Ebene, Hebel und Getriebe)“)

Sequenz 1: Wir heben einen Tisch mit Hebeln.

Zeitraumen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • beschreiben die Kraftersparnis bei einem längeren Kraftarm und geben an, dass dabei die Kraft über einen längeren Weg wirken muss (IK 6).	Auch ein Hebel ist eine einfache Maschine, mit der man Kraft sparen kann. Mit einem Hebel können schwere Lasten leichter angehoben oder transportiert werden. Je länger der Hebelarm ist, desto leichter fällt es. Einfache Maschinen vermindern aber nicht die Arbeit: Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen (Goldene Regel der Mechanik).
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • führen einfache Versuche oder Experimente durch (PK-N 5). • auch: führen technische Versuche durch bzw. beteiligen sich an der Entwicklung (PK-T 1). • beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen) (PK-T 2). • auch: formulieren Generalisierungen im Sinne von Je-desto-Beziehungen (PK-N 10). • dokumentieren eine Untersuchung mittels Sprache und Zeichnung mit Unterstützung der Lehrkraft bzw. auf Arbeitsblättern mit vorgegebener Struktur (PK-N 8).	Versuche werden durchgeführt, um (technische) Fragen zu beantworten. Die durch Beobachtungen gesammelten Daten sind die Basis für Schlussfolgerungen. Das Beschreiben allgemeiner technischer Zusammenhänge und zugrunde liegender naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ist das Ziel vieler Untersuchungen. Je-desto-Beziehungen sind eine Form einer qualitativen Generalisierung, die auf dem Vergleich mehrerer Beobachtungen beruht. Das Dokumentieren ist wichtig, um Beobachtetes festhalten, mitteilen und vergleichen zu können. Dabei können sich Text und Zeichnung ergänzen.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Lehrkraft berichtet den Schülerinnen und Schülern von Archimedes und, dass sie sich mit einer seiner Entdeckungen beschäftigen werden. Die Schülerinnen und Schüler testen die Wirkung eines Hebels, indem sie einen Tisch mit einem längeren und einem kürzeren Hebel anheben. Die Lehrkraft führt die Begriffe „Hebel“, „Drehpunkt“, „Hebelarm“, „Lastarm“ und „Kraftarm“ ein. Die Schülerinnen und Schüler dokumentieren ihre Erkenntnisse auf einem Arbeitsblatt und halten sie in Je-desto-Sätzen fest. Am Ende der Sequenz werden die eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Die Schülerinnen und Schüler vergleichen die Kraftersparnis bei zwei Hebeln mit unterschiedlich langem Kraftarm. Die Lehrkraft setzt die Hebel vor dem Unterricht zusammen (s. Versuchsbeschreibung), dreht einen Tisch um (Tischplatte auf dem Boden, Tischbeine ragen in die Höhe) und schiebt

zwei Unterleghölzer zwischen Tischplatte und Boden, sodass man zum Anheben gut darunter fassen kann. Vor dem Tisch liegt ein Hebel mit einem langen Kraftarm und ein Hebel mit einem kurzen Kraftarm. Die Lastarme sind bei beiden Hebeln gleich. Ein befestigter Dreiecksklotz dient jeweils als Lagerung des Hebels (muss vorher montiert werden).

Um die Hebelwirkung erfahren zu können, wird der Lastarm der Hebel so weit wie möglich unter den Tisch geschoben (ohne, dass dieser dabei angehoben wird). Wichtig: Der Abstand zwischen Dreiecksklötzen und Tisch muss bei beiden Hebeln gleich sein.

Da nicht alle Schülerinnen und Schüler die Hebel gleichzeitig ausprobieren können, zeichnen die Schülerinnen und Schüler, die nicht mit dem Versuch beschäftigt sind, den Versuch auf und beschreiben ihn.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Sitzkreis 1 min	Einstieg Die LK zeigt die Bildkarte „Archimedes“ und erzählt: <i>LK: Vor ungefähr 2000 Jahren lebte in Syrakus ein Wissenschaftler. Er hieß Archimedes. Er entdeckte, wie man schwere Gegenstände, z. B. schwere Steine, so hochheben kann, dass man weniger Kraft braucht.</i> <i>Heute beschäftigen wir uns genauer mit der Entdeckung, die Archimedes gemacht hat.</i>	1 Bildkarte „Archimedes“
Sitzkreis 5 min	Orientierung/Aufgabenstellung <i>LK: Wie könntet ihr mithilfe dieser am Dreiecksklotz befestigten Stange (zeigen) diesen umgedrehten Tisch – unseren schweren Gegenstand – anheben?</i> SuS stellen Vermutungen an, wie die Stange und der Dreiecksklotz genutzt werden können. Ein Kind probiert aus, was die anderen beschreiben. (Hinweis: Ein Kind hinter den Tisch stellen, damit die Tischplatte auf dem Boden nicht nach hinten wegrutscht.) <i>(Ggf. LK: Benutzt die Stange so, dass eure Hand das freie Ende der Stange herunterdrückt, wenn ihr den Tisch anhebt.)</i> <i>(Ggf. LK: Probiert einmal aus, was passiert, wenn ihr die Stange mit dem kurzen Ende unter den Tisch legt.)</i> Die LK zeigt zusätzlich zum langen Hebel nun einen kurzen Hebel (mit befestigtem Dreiecksklotz). <i>LK: Welche Stange sich besser eignet, um den Tisch hochzuheben, sollt ihr durch einen Versuch herausfinden.</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 1. Hebt den Tisch mit der kurzen und der langen Stange an. Fasst an die Enden der Stangen. Nutzt die gleiche Hand. Bei welcher Stange braucht ihr weniger Kraft? 2. Zeichnet ein Bild vom Hochheben des Tisches mit der langen Stange und ein Bild vom Hochheben mit der kurzen Stange. 3. Schreibt dazu, wo ihr weniger Kraft gebraucht habt. Die LK weist darauf hin, dass die SuS nicht verraten sollen, was sie gespürt haben, damit jedes Kind den Unterschied selbst spüren kann.	1 Tisch 2 Unterleghölzer 1 langer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz 1 kurzer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz - ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift

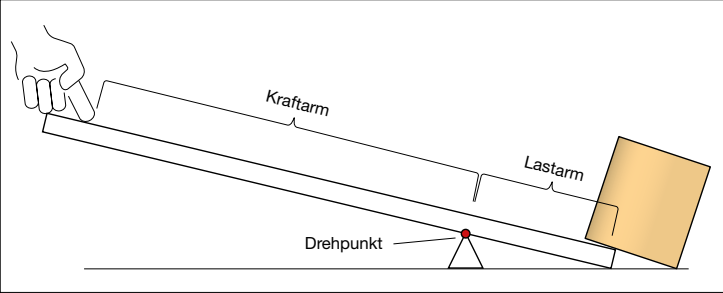


Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Einzelarbeit/ Sitzkreis 14 min	Erarbeitung Vor dem umgedrehten Tisch liegen eine lange sowie eine kurze Stange mit einem Dreiecksklotz (ein Hebel). Nun kann ein Kind den Tisch zuerst mit dem kurzen Hebelarm, dann mit dem langen Hebelarm anheben. Hinter dem Tisch steht ein Kind und sorgt dafür, dass dieser nicht wegrutscht. Die SuS sollen dabei ihre Erfahrungen für sich behalten, damit sie den anderen die Lösung nicht vorwegnehmen. Die SuS, die ausprobiert haben, zeichnen den Versuch auf ein DIN-A4-Blatt. Die LK achtet darauf, dass die SuS die Hebelarme immer am Ende anfassen.	• 1 Tisch • 2 Unterleghölzer • 1 kurzer und 1 langer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz • leere DIN-A4-Blätter
Sitzkreis 10 min	Reflexion I Die SuS versammeln sich um den umgedrehten Tisch. LK: <i>Was ist euch aufgefallen, als ihr den Tisch mit den beiden unterschiedlich langen Stangen angehoben habt?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Bei der kurzen Stange habe ich mehr Kraft gebraucht. • Mit der langen Stange brauche ich weniger Kraft. LK: <i>Schauen wir uns diese Stange (Hebel mit kurzem Kraftarm zeigen) genauer an. Mit solchen Stangen können wir Kraft sparen. Eine Stange, mit der man Kraft sparen kann, nennt man „Hebel“ (Begriffskarte zeigen und hinlegen).</i> LK: <i>An dieser Stelle (zeigen) liegt der Hebel auf. Die beiden Seiten des Hebels drehen sich um diesen Punkt (an der kurzen Stange zeigen), wenn der Hebel bewegt wird. Diesen Punkt nennt man deshalb „Drehpunkt“ (Begriffskarte zeigen und hinlegen).</i> LK: <i>Rechts und links vom Drehpunkt befinden sich die beiden Seiten des Hebels. Diese nennt man „Hebelarme“ (Begriffskarten zeigen und hinlegen).</i> LK: <i>Der Hebelarm, an dem der Gegenstand, also die Last, hochgehoben wird, ist der „Lastarm“ (Begriffskarte zeigen und hinlegen). Der Hebelarm, an dem wir unsere Kraft einsetzen, heißt „Kraftarm“ (Begriffskarte zeigen und hinlegen). Dieser geht vom Drehpunkt bis zum „Anfass-Punkt“ (Begriffskarte zeigen und hinlegen), also dem Punkt, an dem wir unsere Kraft einsetzen.</i> Die LK markiert den Kraftarm am kurzen Hebel mit blauem Isolierband.	• 1 Tisch • 2 Unterleghölzer • 1 kurzer und 1 langer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz • Begriffskarten „Hebel“, „Drehpunkt“, 2x „Hebelarm“, „Lastarm“, „Kraftarm“ und „Anfass-Punkt“ • 1 Stück blaues Isolierband



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	LK: <i>Zeig mir an der langen Stange:</i> 1. <i>Wo ist der Drehpunkt?</i> 2. <i>Wo ist der Kraftarm? (Wo ist der „Anfass-Punkt“?)</i> 3. <i>Wo ist der Lastarm?</i> Falls die SuS nicht den äußersten „Anfass-Punkt“ der langen Stange nutzen: LK: <i>Kann ich den Kraftarm an dieser Stange noch länger machen? Was muss ich dazu tun?</i> Die LK markiert genauso den Kraftarm der langen Stange mit blauem Isolierband. LK: <i>Damit wir den Tisch mit beiden Hebeln auf die gleiche Höhe heben können, legen wir unter den Hebel mit dem kurzen Kraftarm einen Holzklotz.</i> <i>Probiert nun mit beiden Hebeln aus, wie viel Kraft ihr benötigt, um den Tisch hochzudrücken.</i>  Mögliche Äußerungen der SuS: • Bei dem langen Kraftarm brauche ich weniger Kraft. • Bei dem kurzen Kraftarm brauche ich mehr Kraft. LK: <i>Forscherinnen und Forscher versuchen immer, allgemeine Antworten und Ergebnisse zu finden. Dafür benutzen sie z. B. die Wörter „je“ und „desto“ (Sprachhilfen zeigen). Bilde aus unserem Ergebnis Sätze mit „je ...“ und „desto ...“.</i> (Ggf. Satzteilkarten als Impuls nutzen.) Ergebnis Je länger der Kraftarm, desto weniger Kraft brauche ich. Je kürzer der Kraftarm, desto mehr Kraft brauche ich. Die LK notiert das Ergebnis.	• 1 Stück blaues Isolierband • 1 Holzklotz • 2 Sprachhilfen • ggf. Satzteilkarten • leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Einzelarbeit 10 min	Ergebnissicherung LK: <i>Zeichnet und beschreibt, was wir herausgefunden haben. Ihr könnt eure Zeichnung vom Anfang zu Hilfe nehmen.</i> Die LK sammelt mit den SuS Tipps, was beim Zeichnen wichtig ist (z. B. mit Lineal und Bleistift zeichnen; beschriften). Beispielfähig kann sie folgende Zeichnung anfertigen:  Die SuS dokumentieren Versuch und Ergebnis auf dem Arbeitsblatt „Wir heben einen Tisch mit Hebeln“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe (□□□ □□□ □□□). Bei Bedarf können sie die Hebel am umgedrehten Tisch noch einmal ausprobieren. Tipp: Satzstreifen mit Ergebnis an die Rückseite der Tafel heften (Selbstkontrolle)	• Tafel und Kreide • AB „Wir heben einen Tisch mit Hebeln“
Unterrichtsgespräch 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können im Verlauf des weiteren Unterrichts ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir vermuten</i>, wie die Stange und der Dreiecksklotz genutzt werden können. • <i>Wir überprüfen</i> die Vermutung, wie die Stange und der Dreiecksklotz genutzt werden können, indem wir es ausprobieren. • <i>Wir bewerten</i> – welche Stange eignet sich besser, um den Tisch anzuheben? • <i>Wir vermuten</i>, bei welcher Stange wir weniger Kraft brauchen. • <i>Wir zeichnen</i> ein Bild vom Hochheben des Tisches mit der langen Stange und ein Bild vom Hochheben mit der kurzen Stange. • <i>Wir dokumentieren</i>, bei welcher Stange wir am wenigsten Kraft benötigt haben. • <i>Wir besprechen</i>, was uns aufgefallen ist, als wir den Tisch mit den unterschiedlich langen Stangen angehoben haben.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	• <i>Wir besprechen</i> die Begriffe „Hebel“, „Drehpunkt“, „Hebelarm“, „Kraftarm“, „Lastarm“ und „Anfass-Punkt“. • <i>Wir überlegen eine Lösung:</i> Kann ich den Kraftarm an dieser Stange noch länger machen? Was muss ich dazu tun? • <i>Wir schreiben ein Ergebnis auf.</i> • <i>Wir zeichnen</i>, was wir herausgefunden haben. • <i>Wir dokumentieren</i> unsere Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt.	

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	<i>Tisch</i>
	2	Unterleghölzer (30 x 30 x 50 mm)
	1	langer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz
	1	kurzer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz
	1	Holzklötz
	1	<i>blaues Isolierband</i>
	1	kurzer Holzstreifen (4 x 30 x 125 mm)
	1	langer Holzstreifen (4 x 30 x 330 mm)
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>
		<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>ggf. 1</i>	<i>Plakat und Stift</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	<i>Tisch</i>
	2	Unterleghölzer (30 x 30 x 50 mm)
	1	langer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz
	1	kurzer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz
	1	Holzklötz

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	Bildkarte „Archimedes“
	7	Begriffskarten („Hebel“, „Drehpunkt“, „Hebelarm“ (zweifache Ausführung), „Lastarm“, „Kraftarm“ und „Anfass-Punkt“)
	4	Satzteilkarten („Je länger der Kraftarm, ...“, „... desto weniger Kraft brauche ich.“, „Je kürzer der Kraftarm, ...“ und „... desto mehr Kraft brauche ich.“)
	ggf. 2	Sprachhilfen („Je ...“ und „desto ...“)
	Schüleranzahl	AB „Wir heben einen Tisch mit Hebeln“ (in drei Schwierigkeitsstufen; )
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir vermuten“, „Wir überprüfen“, „Wir besprechen etwas“, „Wir bewerten“, „Wir überlegen eine Lösung“, „Wir zeichnen“, „Wir dokumentieren“ und „Wir schreiben ein Ergebnis auf“)
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Archimedes' Entdeckung“
	Schüleranzahl	leere DIN-A4-Blätter

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Einen Tisch mit Hebeln anheben

Vorbereitung:

Die Lehrkraft muss vor dem Unterricht die Dreiecksklötze an dem langen und kurzen Hebel befestigen: Abbildungen 18, 19 und 20.

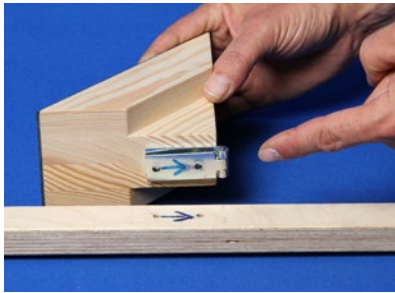


Abb. 18: Die Pfeile von Dreiecksklotz und Hebel deckungsgleich aufeinanderlegen.

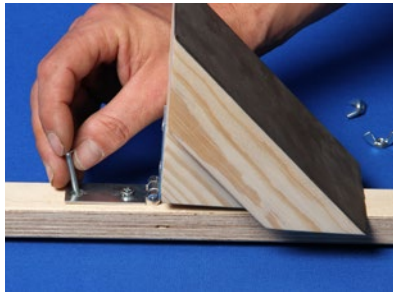


Abb. 19: Die Maschinenschrauben von unten einstecken.



Abb. 20: Die Flügelmuttern von oben aufschrauben.

Aufbau des Versuchs:

Die Lehrkraft dreht einen Tisch um und schiebt an der kurzen Seite des Tisches zwei Unterleghölzer zwischen Tischplatte und Boden.

Versuch a: Die Hebel werden soweit es geht, ohne den Tisch anzuheben, unter die Tischplatte geschoben. Damit der Tisch beim Anheben nicht verrutscht, muss ein Kind ihn hinten mit einem Fuß sichern (s. Abb. 21).

Versuch b: Unter den Kraftarm des kurzen Hebels wird der zum Versuch gehörende Holzklotz gelegt (s. Abb. 22). Dies ist wichtig, damit der Tisch beim kurzen Hebel nicht höher gehoben werden kann als beim langen Hebel, da es sich sonst nicht mehr um einen fairen Vergleich handeln würde (vgl. Hintergrund). Mit Holzstreifen verdeutlicht die Lehrkraft den Weg, den der Hebelarm beider Hebel zurücklegt, um den Tisch auf dieselbe Höhe zu heben (s. Abb. 23).



Abb. 21: Aufbau des Versuchs a): ein Kind sichert hinten den Tisch gegen Verrutschen.

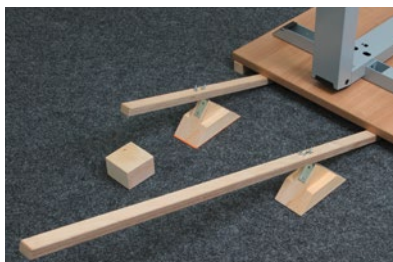


Abb. 22: Aufbau des Versuchs b): unter dem Kraftarm des kurzen Hebels liegt zur Begrenzung der Hubhöhe ein Holzklotz.



Abb. 23: Der lange Kraftarm legt einen längeren Weg beim Herunterdrücken zurück als der kurze Kraftarm.

Fortsetzung der Versuchsbeschreibung
auf der nächsten Seite. ►

► Fortsetzung der Versuchsbeschreibung von der vorherigen Seite.

Material:

- 1 langer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz
- 1 kurzer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz
- 1 Tisch
- 2 Unterleghölzer (30x30x50 mm)
- 1 Holzklotz (80x80x50 mm)
- 1 kurzer Holzstreifen (4x30x125 mm)
- 1 langer Holzstreifen (4x30x330 mm)

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Versuch a)

Die Lehrkraft fordert die Schülerinnen und Schüler auf, den langen und den kurzen Hebel nacheinander herunterzudrücken, um damit den Tisch anzuheben. Die Hebel sollen dabei ganz am Ende mit der flachen Hand angefasst werden. Die Kinder spüren, dass beim kurzen Kraftarm mehr Kraft aufgewendet werden muss als beim langen Kraftarm (s. Abb. 21).

Versuch b)

Unter das Kraftarmende des kurzen Hebels wird der beigefügte Holzklotz gelegt (s. Abb. 22). Die Kinder vergleichen die Kraft, die notwendig ist, um den Tisch mit beiden Hebeln auf die gleiche Höhe zu heben. Mit den beigefügten Holzstreifen zeigt die Lehrkraft, über welche Strecke der jeweilige Hebelarm heruntergedrückt werden muss, um den Tisch auf die gleiche Höhe hochzudrücken (s. Abb. 23). Dabei wird beim langen Kraftarm der Weg vom Anfass-Punkt bis zum Boden, beim kurzen Kraftarm vom Anfass-Punkt bis zur Oberfläche des Holzklotzes gemessen.

Hintergrund:

Versuch a)

Unter dem Tisch liegen zwei Hebel, jeweils mit dem kurzen Lastarm. Durch Herunterdrücken des Kraftarms wird der Tisch angehoben. Mit der Länge des Kraftarms verändert sich der Kraftaufwand: Beim längeren Kraftarm benötigt man weniger Kraft als beim kürzeren Kraftarm (s. Abb. 21).

Versuch b)

Die ersparte Kraft muss allerdings hinsichtlich der aufzuwendenden Arbeit durch einen längeren Weg „erkauft“ werden. Um diesen Sachverhalt zu verdeutlichen, wird das Anheben des Tisches auf dieselbe Höhe bei beiden Hebeln verglichen. Dazu muss die maximale Hubhöhe des Hebels mit dem kurzen Kraftarm begrenzt werden, um einen fairen Vergleich durchzuführen. Dies wird erreicht, indem man den beigefügten Holzklotz unter das Ende des kur-

zen Kraftarms legt (s. Abb. 22). Wenn man die Hebelarme soweit wie möglich herunterdrückt, wird der Tisch mit beiden Hebeln auf dieselbe Höhe gehoben. Der Unterschied in der aufzuwendenden Kraft ist gut zu spüren.

Mit den beigefügten Holzstreifen verdeutlicht die Lehrkraft den Weg, den das Ende des jeweiligen Kraftarms zurücklegt, um den Tisch auf dieselbe Höhe zu heben (s. Abb. 23). Die unterschiedliche Länge der beiden Holzstreifen zeigt an, dass die eingesparte Kraft durch einen längeren Weg „erkauft“ werden muss. Die aufzuwendende Arbeit ist bei beiden Hebeln gleich. Physikalisch wird dieser Satz durch die Goldene Regel der Mechanik beschrieben: Das Produkt aus Kraft und Weg, also die aufzuwendende Arbeit, ist konstant. Im Unterricht kann die beim Hebel gewonnene Erkenntnis mit den Erkenntnissen bei der schiefen Ebene (Unterrichtseinheit 2, Sequenz 1: Wir untersuchen unterschiedlich steile Rampen) verglichen werden, denn auch dort gilt die Goldene Regel der Mechanik.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Versuch a)

Mit dem langen Kraftarm braucht man weniger Kraft als mit dem kürzeren Kraftarm, um den Tisch anzuheben.

Versuch b)

Bei einem langen Kraftarm brauche ich weniger Kraft, habe aber einen längeren Weg. Bei einem kurzen Kraftarm brauche ich mehr Kraft, habe aber einen kürzeren Weg.

Differenzierung:

- Je länger der Kraftarm, desto weniger Kraft brauche ich und desto länger ist der Weg.
- Je kürzer der Kraftarm, desto mehr Kraft brauche ich und desto kürzer ist der Weg.

Sequenz 2: Wir untersuchen, wie Hebel bei Gegenständen aus unserem Alltag wirken.

Zeitraumen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • beschreiben die Kraftersparnis bei einem längeren Kraftarm und geben an, dass dabei die Kraft über einen längeren Weg wirken muss (IK 6). • nutzen einseitige und zweiseitige Hebel bei Alltagsgegenständen und beschreiben die Kraftersparnis (Türklinke, Nussknacker, Locher, Kneifzange etc.) (IK 6). • bestimmen bei Gegenständen aus dem Alltag Kraftarm und Drehpunkt (IK 6).	Der Hebel findet sich sehr häufig als Helfer im Alltag. Seine Funktion ist das Ersparen von Kraft, was mit einer Verlängerung des Wegs verbunden ist. Ein Hebel besteht aus Kraftarm, Drehpunkt und Lastarm, wobei der Lastarm in dieser Sequenz nicht thematisiert wird.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • untersuchen einfache technische Gegenstände/Prozesse mit teilweise verdeckten Elementen (PK-T 2). • beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen) (PK-T 2). • auch: formulieren Generalisierungen im Sinne von Je-desto-Beziehungen (PK-N 10). • bewerten die Bedeutung technischer Entwicklungen für den Menschen, auch bezüglich unerwünschter Folgewirkungen (PK-T 3). • beschreiben und analysieren an Beispielen Veränderungen des Lebens durch den Einsatz technischer Lösungen am Beispiel von Hebeln im Alltag (PK-T 3). • dokumentieren eine Untersuchung mittels Sprache und Zeichnung mit Unterstützung der Lehrkraft bzw. auf Arbeitsblättern mit vorgegebener Struktur (PK-N 8).	Oft ist nicht sichtbar, wie mechanische Geräte funktionieren. Wenn wir sie untersuchen, können wir herausfinden, welche Phänomene dahinterstecken. Das Beschreiben allgemeiner technischer Zusammenhänge und zugrunde liegender naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ist das Ziel vieler Untersuchungen. Je-desto-Beziehungen sind eine Form einer qualitativen Generalisierung, die auf dem Vergleich mehrerer Beobachtungen beruht. Technische Gegenstände, Fertigungsweisen und Verfahren wirken auf Menschen und ihre Umwelt ein (z. B. durch die Veränderung von Lebens- und Arbeitsweisen, Umweltbelastung etc.). Das Dokumentieren ist wichtig, um Beobachtetes festhalten, mitteilen und vergleichen zu können. Dabei können sich Text und Zeichnung ergänzen.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Schülerinnen und Schüler wiederholen die Erkenntnisse der letzten Unterrichtssequenz. In mehreren Stationen erkunden sie anschließend die Wirkung von Hebeln bei Alltagsgegenständen. Sie bestimmen den Drehpunkt und den Kraftarm der Alltagsgeräte und vergleichen den Kraftaufwand bei einem kurzen und einem langen Kraftarm. In der Reflexion übertragen die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse der letzten Sequenz auf diese Alltagssituationen. Die Erkenntnisse halten sie auf Arbeitsblättern fest. Am Ende der Sequenz werden die eingesetzten Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Bei der Station mit der Kneifzange soll das Abknippen des Holzstabs in einen Schuhkarton (o. ä.) erfolgen, damit die abgeknipsten Stücke den Schülerinnen und Schüler nicht gefährlich werden.

Das Papier oder die Pappe für die Station mit dem Locher sollte vorher getestet werden, damit der Unterschied für die Schülerinnen und Schüler zwischen dem langen und kurzen Kraftarm gut spürbar ist. Papier oder Pappe sollten mindestens 1,5 mm dick sein.

Tipp: Zur Wiederholung der vorangegangenen Sequenz kann auch alternativ das Video „Kann ein Mann einen Laster anheben?“ von Planet Schule genutzt werden (2.23 min).

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Unterrichtsgespräch 5 min	Wiederholung SuS, welche die Knobelaufgabe „Archimedes“ gelöst haben, stellen ihre Ergebnisse vor (Bildkarte zeigen). Die Resultate werden diskutiert. Als Impuls zeigt die LK den langen und den kurzen Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz. LK: <i>Was haben wir in der letzten Stunde herausgefunden?</i> Das Ergebnis der vorherigen Sequenz wird wiederholt. Die SuS zeigen und benennen die Hebelarme sowie den Drehpunkt am langen und am kurzen Hebel. Die LK legt die Satzstreifen dazu.	- ausgefüllte Knobelaufgaben „Archimedes' Entdeckung“ - Bildkarte „Archimedes“ (aus Sequenz 1) 1 kurzer und 1 langer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz - Satzstreifen mit Ergebnis (aus Sequenz 1)
Unterrichtsgespräch 10 min	Einstieg/Orientierung LK: <i>Heute erforschen wir an verschiedenen Stationen weitere Hebel. Wir bearbeiten zuerst eine Station gemeinsam.</i> Die LK geht zur Türklinke und fragt: <i>Wo muss ich die Türklinke anfassen, damit ich möglichst wenig Kraft brauche, um sie herunterzudrücken?</i> (ganz hinten) <i>Wo muss ich die Türklinke anfassen, damit ich möglichst viel Kraft brauche, um sie herunterzudrücken?</i> (ganz vorne) Die SuS bezeichnen Kraftarm, Drehpunkt und Anfass-Punkt an der Türklinke. LK: <i>Was kann ich tun, damit ich noch weniger Kraft brauche?</i> (den Hebel verlängern) Die LK führt die Vermutungen der SuS aus (sie zeigt einen Stab, der zur Verlängerung genutzt werden kann und befestigt diesen mit Klebeband). LK: <i>Ausprobieren könnt ihr die neue Türklinke in eurer Arbeitsphase.</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder einem Plakat visualisieren) 1. Arbeitet zu zweit. Sucht euch eine Station aus. 2. Lest die Stationskarte! 3. Führt den Versuch durch und spürt: Wo braucht ihr weniger Kraft? 4. Benutzt immer die gleiche Hand oder den gleichen Finger. 5. Überlegt: Wo ist der Kraftarm? Wo ist der Drehpunkt? 6. Schreibt eure Beobachtungen auf das Arbeitsblatt. 7. Räumt die Station auf.	1 Türklinke 1 langer Holzstab - Klebeband - ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Partnerarbeit 20 min	Erarbeitung Die SuS bearbeiten die folgenden Stationen: 1. Kneifzange (einmal aufgebaut) 2. Locher (einmal aufgebaut) 3. Wäscheklammer (dreimal aufgebaut) 4. Ringschraube (viermal aufgebaut) 5. Stiel über Schulter (zweimal aufgebaut) 6. Türklinke (einmal aufgebaut) 7. Fenstergriff (einmal aufgebaut) 8. Tafel (zweimal aufgebaut) 9. Hebel suchen (einmal aufgebaut) Die SuS dokumentieren einige ihrer Erfahrungen auf dem Arbeitsblatt „Hebel im Alltag“.	• 16 Stationskarten • Materialien für die Stationen (siehe unten) • AB „Hebel im Alltag“
Unterrichtsgespräch 15 min	Reflexion Die SuS präsentieren ihre Ergebnisse mithilfe ihres ausgefüllten Arbeitsblatts. Dabei werden – je nach Bedarf – alle Stationen einzeln besprochen. Die Materialien oder Stationskarten werden von der LK gezeigt. Die SuS äußern sich zu den folgenden Impulsen: 1. <i>Wo ist der Kraftarm?</i> 2. <i>Wo ist der Drehpunkt?</i> 3. <i>Wie brauche ich am wenigsten Kraft?</i> 4. <i>Zeige die Länge des Kraftarms.</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Wenn ich den Locher ganz vorne herunterdrücke, brauche ich am meisten Kraft. • Wenn ich den Locher ganz hinten herunterdrücke, brauche ich am wenigsten Kraft. Ergebnis (ggf. Sprachhilfen „je ...“ und „desto ...“ zeigen) Je länger der Kraftarm beim Hebel ist, desto weniger Kraft brauche ich. Wir nutzen bei vielen Gegenständen im Alltag einen Hebel, um Kraft zu sparen. Die LK notiert das Ergebnis.	• ausgefüllte AB „Hebel im Alltag“ der SuS • ggf. Stationskarten • ggf. Materialien der Stationen • ggf. 2 Sprachhilfen • leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Unterrichtsgespräch und Partnerarbeit 10 min	Transfer Die LK bittet ein Kind, sich mit einem weit ausgestreckten Arm hinzustellen. LK: <i>Findet heraus, wo ihr euren Zeigefinger auflegen müsst, um den Arm eures Partners mit möglichst wenig Kraft herunterzudrücken, bis der Arm am Körper anliegt. (LK zeigt das Auflegen des Zeigefingers an verschiedenen Stellen des Ober- und Unterarms). Probiert es mit eurem Partner aus. Achtet darauf, welchen Weg eurer Zeigefinger beim Herunterdrücken zurücklegt.</i>	

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	 Die SuS probieren das Armdrücken zu zweit aus und äußern sich anschließend dazu. Mögliche Äußerung der SuS: • Wenn ich vorne den Arm runterdrücke, geht es leichter. • Da ist der Weg für meines Zeigefingers aber länger. LK: <i>Wie das mit dem Weg ist, können wir gut an der Türklinke beobachten. Achtet auf den Weg, den meine Hand zurücklegt.</i> (LK drückt einmal ganz weit vorne, einmal ganz weit hinten an der Türklinke und zeichnet den Weg, den das Ende des kurzen und des langen Kraftarms zurücklegt, an der Tür an). Mögliche Äußerung der SuS: • Beim längeren Kraftarm haben wir weniger Kraft gebraucht. • Dafür mussten wir aber auch den Hebel länger runterdrücken. LK: <i>Wo finden wir noch überall Hebel?</i> (z. B. Rosenschere – Astscherer, Scheren, Wippe, Griff an Wasserhähnen, Flaschenöffner, Schranktüren, Tore, Schraubenschlüssel; ggf. zeigt die LK Bildkarten als Impuls.) LK: <i>Probiert solche Hebel zu Hause aus. Findet dort weitere Hebel.</i>	• Kreide • ggf. 9 Bildkarten „Hebel“
Partner- und Einzelarbeit 15 min	Ergebnissicherung Die SuS suchen sich eine Station aus der Erarbeitung oder ein Beispiel aus dem Transfer aus und tauschen sich darüber aus. Sie zeichnen ihr Beispiel und übertragen das Ergebnis auf das Arbeitsblatt „Unser Ergebnis zum Hebel“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe (●○○○ ●●○○ ●●●○).	• AB „Unser Ergebnis zum Hebel“
Unterrichtsgespräch 10 min	Optional Wenn die Klasse zuvor den Unterricht zur schiefen Ebene gemacht hat (s. Kap. 5.4.2), kann die LK daran anknüpfen: Dazu heftet die LK die Bildkarten „Nutzung von Rampen“ (aus Sequenz 1) und die Stationskarten (aus Sequenz 2) an die Tafel. LK: <i>Erinnert ihr euch noch an diese Versuche und Stationen? Was habt ihr dort herausgefunden?</i>	• Bildkarten „Nutzung von Rampen“ (aus Sequenz 1) • Stationskarten zur schiefen Ebene (aus Sequenz 2)



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Das Ergebnis zur schiefen Ebene wird wiederholt (ggf. Satzteilkarten B [aus Sequenz 1] zeigen): • Je steiler die Rampe ist, desto mehr Kraft brauche ich und desto kürzer ist der Weg. • Je flacher die Rampe ist, desto weniger Kraft brauche ich und desto länger ist der Weg. LK: <i>Vergleicht dieses Ergebnis mit unseren Ergebnissen zum Hebel. Was fällt euch auf?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Bei den Rampen war es bei der längsten auch am einfachsten. • Bei der langen Rampe geht es zwar leichter, aber es ist weiter. • Bei der langen Rampe hab ich am wenigsten Kraft gebraucht, dafür war der Weg, wo ich ziehen musste, länger. • Beim Hebel geht es auch am leichtesten, wenn der Kraftarm ganz lang ist. Aber der Arm muss länger drücken. Ergebnis Wenn man Kraft sparen möchte, hat man einen längeren Weg. Die LK notiert das Ergebnis.	• ggf. 6 Satzteilkarten B mit Ergebnis zur schiefen Ebene (aus Sequenz 1) • leerer Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Theaterkreis 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können im Verlauf des weiteren Unterrichts ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir besprechen</i> die Knobelaufgabe und die Ergebnisse der letzten Stunde. • <i>Wir vermuten</i> – was kann ich tun, damit ich noch weniger Kraft brauche? • <i>Wir untersuchen und wir beobachten</i>, wo wir am wenigsten Kraft benötigen. • <i>Wir besprechen und dokumentieren</i> unsere Beobachtungen und Erfahrungen. • <i>Wir schreiben ein Ergebnis auf</i>. • <i>Wir vergleichen</i> unsere Ergebnisse zum Hebel mit den Ergebnissen zur schiefen Ebene.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	2	<i>Satzstreifen mit Ergebnissen (aus Sequenz 1)</i>
	1	langer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz
	1	kurzer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz
	1	<i>Türklinke</i>
	1	langer Holzstab (15 x 15 x 450 mm)
		<i>Klebeband zum Befestigen des Stabs an der Türklinke</i>
	ggf.	<i>Tafel und Kreide</i>
	ggf.	<i>Plakat und Stift</i>
	mehrere	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material	
	1	<i>Kneifzange (mit möglichst langen Griffen)</i>	Station 1: Kneifzange (einmal aufgebaut)
	32	Schaschlikspieße	
	1	<i>Karton oder Tuch</i>	
	1	Locher	Station 2: Locher (einmal aufgebaut)
	1	Locher mit Leiste als Verlängerung	
	4	<i>DIN-A5-Bögen feste Pappe (1,5 mm) (zum Lochen), alternativ entsprechend mehrere Bögen Papier übereinander (vorher ausprobieren, s. Versuchsbeschreibung)</i>	
	3	Wäscheklammern	Station 3: Wäscheklammer (dreimal aufgebaut)
	3	Wäscheklammern mit abgeschnittenem Kraftarm	
	mehrere	<i>Blatt Papier</i>	
	4	Holzklötze mit Ringschraube	Station 4: Ringschraube (viermal aufgebaut)
	4	Rundstäbe	
	2	<i>Besen o. ä.</i>	Station 5: Stiel über Schulter (zweimal aufgebaut)
	2	<i>Beutel als Gewicht (z. B. Beutel mit Büchern)</i>	
	1	<i>Klebeband zum Markieren</i>	
	1	<i>Türklinke</i>	Station 6: Türklinke (einmal aufgebaut)
	1	langer Holzstab (15 x 15 x 450 mm) (zum Verlängern der Klinke)	
		<i>Klebeband (zum Befestigen des Holzstabs an der Klinke)</i>	

✓	Stückzahl	Material	
	1	Fenstergriff	Station 7: Fenstergriff (einmal aufgebaut)
	1	langer Holzstab (15 x 15 x 450 mm) (zum Verlängern des Fenstergriffs)	
		Klebeband (zum Befestigen des Holzstabs am Fenstergriff)	
	2	aufklappbare Tafelseiten	Station 8: Tafel (zweimal aufgebaut)
		Kreide	

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
		ausgefüllte Knobelaufgaben „Archimedes' Entdeckung“ (aus Sequenz 1)
	1	Bildkarte „Archimedes“ (aus Sequenz 1)
	ggf.	Bildkarten B „Nutzung von Rampen“ (Anlagenband Kap. 5.4.2, Sequenz 1)
	ggf.	Stationskarten zur schiefen Ebene (Anlagenband Kap. 5.4.2, Sequenz 2)
	ggf. 2	Sprachhilfen („Je ...“ und „desto ...“)
	9	Bildkarten „Hebel“ („Astschere und Rosenschere“, „Unterschiedlich lange Schraubenschlüssel für unterschiedlich große Schrauben“, „Flaschenöffner“, „Nagelschere und Chirurgeschere“, „Wippe“, „Wasserhahn mit unterschiedlichem Hebel zum Drücken“, „Schranke“, „Schubkarre“ und „Nussknacker“)
	ggf. 6	Satzteilkarten B mit Ergebnissen („Je steiler die Rampe ist“, „desto mehr Kraft brauche ich“, „und desto kürzer ist der Weg.“, „Je flacher die Rampe ist“, „desto weniger Kraft brauche ich“ und „und desto länger ist der Weg.“; (Anlagenband Kap. 5.4.2, Sequenz 1 zur schiefen Ebene)
	16	Stationskarten (1 x Kneifzange, 1 x Locher, 3 x Wäscheklammer, 4 x Ringschraube, 2 x Stiel über Schulter, 1 x Türklinke, 1 x Fenstergriff, 2 x Tafel, 1 x Hebel suchen)
	Schüleranzahl	AB „Hebel im Alltag“
	Schüleranzahl	AB „Unser Ergebnis zum Hebel“ (in drei Schwierigkeitsstufen; )
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir besprechen etwas“, „Wir untersuchen“, „Wir vermuten“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“ und „Wir vergleichen“)

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Station 1: Kneifzange



Abb. 24: Die Schülerinnen und Schüler knipsen ein Stück vom Holzstab ab.

Material:

- 1 Kneifzange
- 32 Schaschlikspieße (Holzstäbe, 3 mm)
- 1 Karton oder 1 Tuch

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler fassen die Kneifzange einmal ganz weit vorne und einmal ganz weit hinten an und knipsen ein Stück vom Holzstab ab. Damit das abgeknippte Stück des Stabs nicht in die Gegend springt und jemanden gefährdet, wird der Kopf der Kneifzange direkt über einen Karton gehalten und es wird in den Karton hineingeknipst. Dabei finden die Schülerinnen und Schüler heraus, wobei sie weniger Kraft brauchen.

Hintergrund:

Bei einem langen Kraftarm benötigt man weniger Kraft als bei einem kurzen Kraftarm. Lange Stiele (Kraftarme) an hebelartigen Geräten oder Werkzeugen verringern daher den notwendigen Krafteinsatz.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Je länger der Kraftarm beim Hebel ist, desto weniger Kraft brauche ich.

Praktische Hinweise:

Alternativ kann das Abknipsen auch unter einem Tuch/Handtuch erfolgen, um ein Wegspringen des abgeknipsten Stücks des Stabs zu verhindern.

Organisation:

→ Partnerarbeit

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Station 2: Locher



Abb. 25: Die Schülerinnen und Schüler lochen Papier bzw. eine Pappe mit einem Locher, der durch eine Leiste verlängert ist.

Material:

- 1 Locher
- 1 Locher mit Leiste als Verlängerung
- 8 DIN-A5-Bögen feste Pappe (1,5 mm) oder mehrere Seiten Papier von zusammen 1,5 mm

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler lochen die Pappe bzw. das Papier, indem sie den normalen Locher betätigen. Die Löcher lassen sich nicht oder nur mit größter Mühe durchdrücken. Anschließend lochen sie die Pappe bzw. das Papier mit dem verlängerten Locher, indem sie ganz weit hinten auf die Leiste drücken. Sie finden heraus, wobei sie weniger Kraft brauchen.

Hintergrund:

Bei einem langen Kraftarm benötigt man weniger Kraft als bei einem kurzen Kraftarm. Lange Stiele (Kraftarme) an hebelartigen Geräten oder Werkzeugen verringern daher den notwendigen Krafteinsatz.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Je länger der Kraftarm beim Hebel ist, desto weniger Kraft brauche ich.

Organisation:

- Partnerarbeit
- Die Pappe bzw. die entsprechende Dicke an Papierseiten sollte so fest sein, dass man sie mit dem normalen Locher nicht oder nur mit größter Mühe lochen kann (vorher ausprobieren).

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Station 3: Wäscheklammer

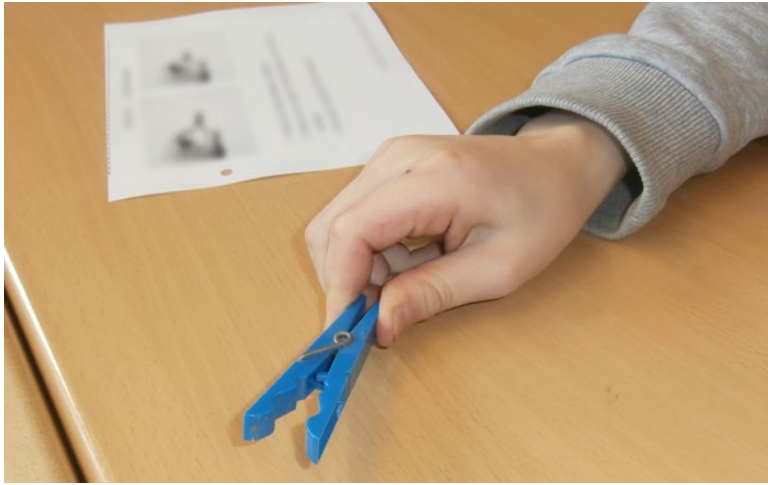


Abb. 26: Die Schülerinnen und Schüler drücken eine intakte Wäscheklammer auf.

Material:

- 3 Wäscheklammern
- 3 Wäscheklammern mit abgeschnittenem Kraftarm
- mehrere Blätter Papier

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler heften jeweils mit der intakten und der „kaputten“ Wäscheklammer Papier zusammen. Dabei finden sie heraus, wobei sie weniger Kraft brauchen. Sie erklären, warum man abgebrochene Wäscheklammern wegwirft.

Hintergrund:

Bei einem langen Kraftarm benötigt man weniger Kraft als bei einem kurzen Kraftarm. Lange Stiele (Kraftarme) an hebelartigen Geräten oder Werkzeugen verringern daher den notwendigen Krafteinsatz.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Je länger der Kraftarm beim Hebel ist, desto weniger Kraft brauche ich.

Praktische Hinweise:

Diese Station wird dreimal aufgebaut.

Organisation:

→ Partnerarbeit

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Station 4: Ringschraube

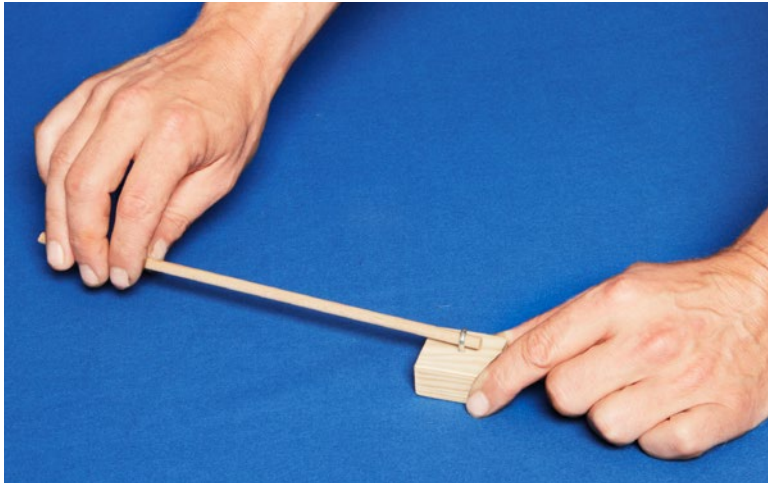


Abb. 27: Die Schülerinnen und Schüler drehen die Ringschraube mithilfe eines Stabs.

Material:

- 4 Holzklötze mit Ringschraube
- 4 Rundstäbe

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler drehen die Ringschraube mit einem langen Rundstab in das Holz hinein und wieder heraus. Dabei fassen sie den Rundstab zunächst ganz weit vorne an und anschließend am hinteren Ende. Sie finden heraus, bei welchem Kraftarm – dem längeren oder dem kürzeren – sie weniger Kraft brauchen.

Hintergrund:

Bei einem langen Kraftarm benötigt man weniger Kraft als bei einem kurzen Kraftarm. Lange Stiele (Kraftarme) an hebelartigen Geräten oder Werkzeugen verringern daher den notwendigen Krafteinsatz.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Je länger der Kraftarm beim Hebel ist, desto weniger Kraft brauche ich.

Praktische Hinweise:

Diese Station wird viermal aufgebaut.

Organisation:

→ Partnerarbeit

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Station 5: Stiel über Schulter



Abb. 28: Die Tasche wird mithilfe des Besens getragen.

Material:

- 2 Besen o. ä. (der Drehpunkt auf der Schulter sowie die beiden Anfass-Punkte sind markiert)
- 2 Beutel als Gewicht (z. B. Beutel mit Büchern)
- Klebeband zum Markieren des Stiels

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler legen sich den Besenstiel mit dem Beutel als Gewicht über die Schulter. Dabei achten sie darauf, dass der markierte Drehpunkt genau auf der Schulter liegt. Sie halten das Gewicht mithilfe des Besens, indem sie den Stiel mit ihrer Hand festhalten. Dabei legen sie die eine Hand nacheinander auf die markierten Anfass-Punkte des Stiels. Sie finden heraus, wobei sie weniger Kraft brauchen.

Hintergrund:

Bei einem langen Kraftarm benötigt man weniger Kraft als bei einem kurzen Kraftarm. Lange Stiele (Kraftarme) an hebelartigen Geräten oder Werkzeugen verringern daher den notwendigen Krafteinsatz.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Je länger der Kraftarm beim Hebel ist, desto weniger Kraft brauche ich.

Praktische Hinweise:

Diese Station wird zweimal aufgebaut.

Die Lehrkraft sollte vorher testen, an welchen beiden Stellen der Stiel angefasst werden muss, damit der Unterschied zwischen kurzem und langem Kraftarm deutlich zu spüren ist. Dabei ist auch zu prüfen, an welcher Stelle des Stiels der Drehpunkt (auf der Schulter) liegen sollte. Der Drehpunkt und die beiden Anfass-Punkte werden mit Klebeband markiert.

Organisation:

→ Partnerarbeit

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Station 6: Türklinke



Abb. 29: Türklinke mit verlängertem Griff

Material:

- 1 langer Holzstab (15x15x450 mm)
(zum Verlängern der Türklinke)
- Klebeband (zum Befestigen des Stabs)

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler drücken die Türklinke erst dort an dem befestigten Holzstab herunter, wo das Ende der Türklinge ist. Dann drücken sie den Holzstab ganz hinten herunter. Dabei finden die Schülerinnen und Schüler heraus, wobei sie weniger Kraft brauchen.

Hintergrund:

Bei einem langen Kraftarm benötigt man weniger Kraft als bei einem kurzen Kraftarm. Lange Stiele (Kraftarme) an hebelartigen Geräten oder Werkzeugen verringern daher den notwendigen Krafteinsatz.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Je länger der Kraftarm beim Hebel ist, desto weniger Kraft brauche ich.

Praktische Hinweise:

Diese Station wird einmal aufgebaut.

Organisation:

→ Partnerarbeit

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Station 7: Fenstergriff

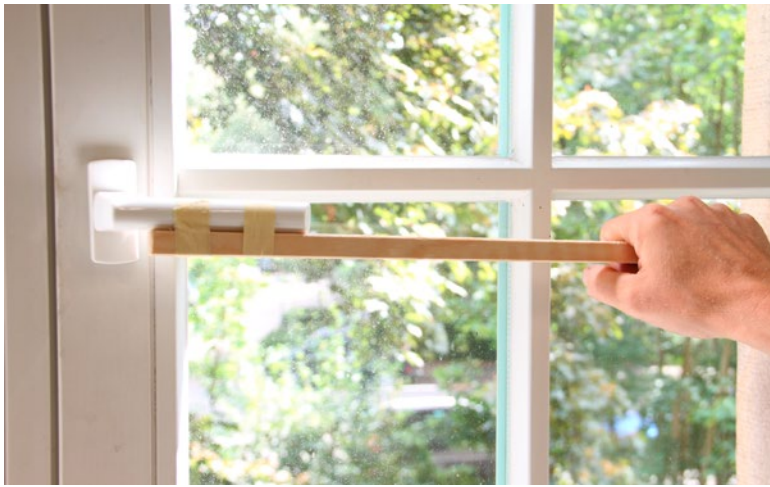


Abb. 30: Fenstergriff mit verlängertem Griff

Material:

- 1 langer Holzstab (15 x 15 x 450 mm)
(zum Verlängern des Fenstergriffs)
- Klebeband (zum Befestigen des Stabs)

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler drücken den Fenstergriff erst dort an dem befestigten Holzstab herunter, wo das Ende des Fenstergriffs ist. Dann drücken sie den Holzstab ganz hinten herunter. Dabei finden die Schülerinnen und Schüler heraus, wobei sie weniger Kraft brauchen.

Hintergrund:

Bei einem langen Kraftarm benötigt man weniger Kraft als bei einem kurzen Kraftarm. Lange Stiele (Kraftarme) an hebelartigen Geräten oder Werkzeugen verringern daher den notwendigen Krafteinsatz.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Je länger der Kraftarm beim Hebel ist, desto weniger Kraft brauche ich.

Praktische Hinweise:

Diese Station wird einmal aufgebaut.

Organisation:

→ Partnerarbeit

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Station 8: Tafel



Abb. 31: Der Schüler klappt die Tafel auf.

Material:

- Tafel
- Kreide

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler klappen die Tafel mit einer Hand auf und wieder zu (oder anders herum). Dabei variieren sie den Anfass-Punkt: Einmal liegt dieser nahe dem Drehpunkt, einmal so weit entfernt wie möglich am Ende der Tafel. Sie finden heraus, wobei sie weniger Kraft brauchen.

Hintergrund:

Bei einem langen Kraftarm benötigt man weniger Kraft als bei einem kurzen Kraftarm. Die klappbare Tafel hat ihren Drehpunkt dort, wo sie an der Wandtafel befestigt ist. Je weiter der Anfass-Punkt von dem Drehpunkt entfernt ist, d. h. umso länger der Kraftarm ist, umso weniger Kraft benötigt man beim Aufklappen. (Bei der Tafel handelt es sich um einen einseitigen Hebel.)

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Je länger der Kraftarm beim Hebel ist, desto weniger Kraft brauche ich.

Praktischer Hinweis:

Diese Station wird an beiden klappbaren Seiten der Tafel aufgebaut.

Die Lehrkraft markiert mit Kreide auf den klappbaren Teilen der Tafel jeweils die beiden Anfass-Punkte, bei denen der Unterschied im Kraftaufwand beim Auf- oder Zuklappen der Tafel deutlich zu spüren ist (einmal nah beim Drehpunkt, einmal weit am Ende der Tafel).

Organisation:

→ Partnerarbeit

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Station 9: Hebel suchen



Abb. 32: Die Schülerinnen und Schüler überlegen, wo sie im Klassenzimmer weitere Hebel finden.

Material:

- –

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler suchen im Klassenzimmer nach weiteren Hebeln. Sie überlegen auch, ob sie zu Hause weitere Hebel kennen.

Hintergrund:

Auch im Klassenzimmer gibt es einseitige und zweiseitige Hebel. Z. B. ist die Schere mit ihrem Griff ein zweiseitiger Hebel – je länger der Griff der Schere, desto weniger Kraft muss ich beim Schneiden aufwenden. Die Lehne des Stuhls ist ein einseitiger Hebel. Kippe ich den Stuhl am oberen Ende, benötige ich weniger Kraft ihn umzustoßen als wenn ich ihn in der Mitte der Lehne kippe. Jede Schranktür, jedes Tor ist ein einseitiger Hebel – automatisch drücken wir am äußeren Ende, um die Tür bzw. das Tor zu öffnen, weil wir so am wenigsten Kraft aufwenden müssen. Selbst wenn wir ein Buch aufschlagen, nutzen wir die Wirkung des einseitigen Hebels – am äußeren Ende aufzuschlagen kostet weniger Kraft, als wenn wir die Buchseiten in der Mitte öffnen würden.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Hebel gibt es an vielen Stellen im Alltag. Sie sind nicht immer leicht zu erkennen. Sie helfen uns, Kraft zu sparen, indem wir einen langen Kraftarm wählen.

Praktische Hinweise:

Die Schülerinnen und Schüler benötigen vermutlich Tipps bei dieser Station. Die Lehrkraft kann die Aufmerksamkeit z. B. auf Schranktüren, Scheren, Stuhllehne, Buchdeckel lenken. Von zu Hause kennen die Kinder vielleicht Flaschenöffner, Schubkarre, Schraubenschlüssel (siehe auch die Bildkarten zu dieser Sequenz).

Organisation:

→ Partnerarbeit

5.4.4 Unterrichtseinheit 4: Wir sparen Kraft mit Getrieben (Themenbereich „Kraft sparen durch einfache Maschinen (schiefe Ebene, Hebel und Getriebe)“).

Sequenz 1: Wir zeichnen ein Fahrrad, das fahren kann.

Zeitraumen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... beschreiben den (vermuteten) Funktionszusammenhang beim Kettengetriebe des Fahrrads unter Nutzung der eingeführten Fachbegriffe (Zahnrad, Kette, Pedal, Vorderrad, Hinterrad) (IK 7).	Die Begriffe Pedale, Kette, Zahnrad, Vorderrad, Hinterrad werden dem Fahrrad zugeordnet.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - untersuchen einfache technische Gegenstände/Prozesse mit teilweise verdeckten Elementen (PK-T 2). - vermitteln, diskutieren und dokumentieren Ideen für technische Lösungen verständlich, unter Nutzung von Sprache, Zeichnung oder Demonstration (PK-T 4). - benennen Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Beobachtungen, Ereignissen und Objekten (PK-N 9).	Oft ist nicht sichtbar, wie mechanische Geräte funktionieren. Wenn wir sie untersuchen, können wir herausfinden, welche Zusammenhänge dahinterstecken. Der Entwurf von technischen Lösungen kann mit verschiedenen Medien begleitet und unterstützt werden. Zusätzlich zur Sprache können dafür (beschriftete) Zeichnungen und Skizzen sowie gestische Demonstrationen genutzt werden. Durch Vergleich der Zeichnungen werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede beim vermuteten Funktionszusammenhang festgestellt, woraus sich Fragen ergeben.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Zu Beginn der Sequenz betrachten die Schülerinnen und Schüler ein auf dem Kopf stehendes Fahrrad mit verdeckter Kette und verdeckten Zahnrädern (Blackbox). Sie zeichnen ein Fahrrad mit allen Teilen, die notwendig sind, damit man vorwärtsfahren kann. Die Zeichnungen werden besprochen und die Begriffe „Vorderrad“, „Hinterrad“, „Zahnrad“, „Kette“ und „Pedal“ am umgedrehten Fahrrad erarbeitet. Am Ende der Sequenz werden eingesetzte Forschungstätigkeiten gemeinsam zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Das Getriebe kann man z. B. mit einer Plastiktüte, einem Stück Stoff oder einer Zeitung und Klebestreifen verhüllen und so zur Blackbox machen (s. Versuchsbeschreibung). Hinweis: Es ist wichtig, dass sich das Pedal trotz der Blackbox noch gut drehen lässt.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Theaterkreis 5 min	Einstieg Im Theaterkreis steht ein umgedrehtes Fahrrad mit verdecktem Getriebe (Blackbox). Das Pedal und das Hinterrad sind sichtbar. Die SuS äußern sich zu ihren Erfahrungen mit Fahrrädern.	1 Fahrrad mit Blackbox
Theaterkreis 5 min	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>In den nächsten Stunden beschäftigen wir uns mit der Frage, wie das Fahrrad funktioniert. Heute finden wir heraus, welche Teile für das Fahren mit dem Fahrrad wichtig sind.</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) Zeichnet ein Fahrrad mit allen Teilen, die nötig sind, damit man fahren kann. Nutzt das ganze Blatt, zeichnet also groß. Kriterien einer guten Zeichnung werden besprochen: groß und genau zeichnen, beschriften, Funktionen einzeichnen, nur das Wichtige zeichnen nicht „schmücken“, mit Bleistift zeichnen. Die LK notiert die Kriterien und heftet sie gut sichtbar an.	1 Fahrrad mit Blackbox - ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift - leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide - Tafel und Magneten/Klebestreifen
Einzelarbeit 15 min	Erarbeitung Die SuS zeichnen ihre Vorstellungen eines funktionierenden Fahrrads auf. Dabei achten sie auf die erarbeiteten Kriterien einer guten Zeichnung. <u>Differenzierung:</u> SuS, die mit der Aufgabe fertig sind, sollen ihre Zeichnung mithilfe der Kriterien selbst überprüfen. Dies können sie auch mit einem anderen Kind gemeinsam machen.	- leere DIN-A3-Blätter - Satzstreifen bzw. Tafelanschrift mit Kriterien
Theaterkreis 15 min	Reflexion Die LK legt ausgewählte Fahrradzeichnungen der SuS in den Theaterkreis. Die SuS präsentieren ihre Zeichnungen und erhalten von den anderen Rückmeldungen in Bezug auf die dargestellten Teile des Fahrrads, den dargestellten Funktionszusammenhang und die Kriterien für eine gute Zeichnung. Die vorgestellten Zeichnungen werden an die Tafel geheftet und in Hinblick auf die Funktionsweise des Fahrrads miteinander verglichen. LK: <i>Wenn wir die Zeichnungen betrachten, sehen wir manche Teile immer wieder. Diese scheinen wichtig zu sein, damit das Fahrrad fahren kann. Welche Teile siehst du auf mehreren Zeichnungen? (Fragekarte an die Tafel heften) Warum sind diese Teile wichtig? (Fragekarte an die Tafel heften)</i> SuS benennen einzelne Teile des Fahrrads und begründen, warum diese für die Fahrtüchtigkeit wichtig sind.	- ausgewählte Zeichnungen der SuS - Satzstreifen bzw. Tafelanschrift mit Kriterien - Tafel und Magneten/Klebestreifen 2 Fragekarten



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Anschließend beschriften die SuS das Fahrrad mit Blackbox im Kreis mithilfe der Begriffskarten („Vorderrad“, „Hinterrad“, „Zahnrad“, „Kette“ und „Pedal“ [die Pedale treiben das Fahrrad an]). Dabei werden die Begriffe der SuS aufgegriffen und die fachlich korrekten Begriffe ggf. ergänzt. Begriffe, die sich auf das versteckte Getriebe beziehen, werden auf dem Boden gesammelt. Zum Abschluss beschreiben die SuS, wie Pedal, Zahnräder und Kette auf den verschiedenen Zeichnungen miteinander verbunden sind. Sie klären Unterschiede und Gemeinsamkeiten und stellen fest, was unklar ist. Wie das Getriebe wirklich aussieht und funktioniert, soll in der nächsten Stunde geklärt werden.	• 1 Fahrrad mit Blackbox • Begriffskarten • „Vorderrad“, „Hinterrad“, „Zahnrad“, „Kette“ und „Pedal“ • Klebestreifen • leere Satzstreifen und Stift
Theaterkreis 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir zeichnen</i> ein Fahrrad mit allen Teilen, die nötig sind, damit man fahren kann. • <i>Wir besprechen</i> Kriterien guter Zeichnungen. • <i>Wir vergleichen</i> unsere Zeichnungen. • <i>Wir bewerten</i> unsere Zeichnungen. • <i>Wir vermuten</i>, wie Pedal, Zahnräder und Kette auf den Zeichnungen miteinander verbunden sind. • <i>Wir vergleichen</i> unsere Zeichnungen hinsichtlich der Funktionsweise des Fahrrads miteinander. • <i>Wir erkennen ein Problem</i> – was ist uns unklar beim Funktionieren des Fahrrads?	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	<i>Fahrrad mit Blackbox</i>
		<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>mehrere</i>	<i>Magneten/Klebestreifen</i>
	<i>ggf. 1</i>	<i>Plakat und Stift</i>
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>
		<i>Klebestreifen</i>

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	<i>Schüleranzahl</i>	<i>leere DIN-A3-Blätter</i>
	2	Fragekarten („Welche Teile siehst du auf mehreren Zeichnungen?“ und „Warum sind diese Teile wichtig?“)
	5	Begriffskarten („Vorderrad“, „Hinterrad“, „Zahnrad“, „Kette“ und „Pedal“)
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir vermuten“, „Wir zeichnen“, „Wir vergleichen“, „Wir bewerten“ und „Wir erkennen ein Problem“)

VERSUCHSBESCHREIBUNG

Blackbox am Fahrrad



Abb. 33: Blackbox am Fahrrad mit Müllsack



Abb. 34: Blackbox am Fahrrad mit Pappe

Material:

- 1 Fahrrad (für Sequenz 1 und 2)
- 1 Fahrrad mit Gangschaltung (für Sequenz 3)
- als Blackbox: Plastiktüte/Stück Stoff/Zeitung und Klebestreifen/große Pappe

Aktivitäten der Lehrkraft/der Schülerinnen und Schüler:

Die Lehrkraft stellt das umgedrehte Fahrrad mit verdecktem Getriebe (Blackbox) im Theaterkreis auf. Pedal und Hinterrad sind sichtbar.

In Sequenz 1 zeichnen die Schülerinnen und Schüler ein funktionierendes Fahrrad und beschriften anschließend mit der Lehrkraft die Teile des Blackbox-Fahrrads. In Sequenz 2 beobachten die Schülerinnen und Schüler, dass sich bei einer Umdrehung des Pedals das Hinterrad häufiger als einmal dreht, bauen das Modell eines Fahrradgetriebes mit einem Gang und vergleichen es mit dem, das sich hinter der Blackbox verbirgt. In Sequenz 3 beobachten die Schülerinnen und Schüler, dass sich das Hinterrad im größten und im kleinsten Gang unterschiedlich oft dreht. Sie bauen ihr Modell in ein Zweiganggetriebe um.

Hintergrund:

Die Blackbox ermöglicht den Schülerinnen und Schülern, die Wirkung einer Übersetzung ins Schnelle zu beobachten (das mehrmalige Herumdrehen des Hinterrads bei einmaliger Umdrehung der Pedale), ohne dass der Funktionszusammenhang zwischen Pedale und Hinterrad für sie einsehbar ist. So werden sie dazu angeregt selbst zu überlegen, wie die beobachtete Wirkung erzeugt werden kann. Auch die Unterschiede zwischen den Gängen lassen sich bei der Blackbox beobachten.

Erkenntnis für die Schülerinnen und Schüler:

Die Schülerinnen und Schüler erkunden, wie ein Fahrrad funktioniert, welche Teile für das Fahren mit dem Fahrrad relevant sind und wie das Ein- und Zweiganggetriebe am Fahrrad funktioniert.

Wichtig:

Die Blackbox ist so zu bauen, dass die vorderen und hinteren Zahnräder sowie die Kette verdeckt sind. Das Hinterrad sollte soweit sichtbar sein, dass man am Mantel einen Kreidestrich als Markierung anbringen kann. Mit diesem lässt sich beobachten, wie oft sich das Hinterrad bei einer Umdrehung des Pedals herumdreht.

Organisation:

Bei der Variante mit dem Müllsack (s. Abb. 33) trennt man die beiden langen Seiten des Müllsacks auf. Die entstandene Folie wird so über das Fahrrad gelegt, dass die oben genannten Bedingungen erfüllt sind. Danach markiert man auf beiden Seiten die Stellen auf der Folie, an denen sich das Pedallager befindet und schneidet diese ein. Jetzt kann die Folie über die Pedalen gezogen werden.

Bei der Variante mit der Pappe (s. Abb. 34) stellt man die Pappe auf den Boden und markiert die Höhe des Pedallagers. Der horizontale Abstand zum linken Rand der Pappe sollte so gewählt werden, dass das vordere Zahnrad verdeckt ist. Nun schneidet man ein Loch mit dem Durchmesser der Breite der Pedale. Die Pappe kann nun über die Pedale an das Fahrrad gelehnt werden. Ggf. kann man noch eine weitere Pappe auf die Rückseite stellen.

Sequenz 2: Wir bauen ein Modell eines Kettengetriebes.

Zeitraumen: 90 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - konstruieren einen Riemenantrieb (Fahrradgetriebe-Modell) mit Übersetzung ins Schnelle und mit einem Gang bzw. zwei Gängen (IK 7). - beschreiben den Funktionszusammenhang beim Kettengetriebe des Fahrrads unter Nutzung der eingeführten Fachbegriffe (Zahnrad, Kette, Pedale, Vorderrad, Hinterrad) (IK 7).	Ein Fahrradgetriebe leitet Bewegungen weiter und führt langsame Bewegungen (an der Tretkurbel) in schnellere Bewegungen (am Hinterrad) über (Übersetzung ins Schnelle). Die Pedale sind der Antrieb; sie werden durch Muskelkraft betrieben. Bei einer Übersetzung ins Schnelle ist das Antriebsrad größer als das Abtriebsrad am Hinterrad; d.h., wenn das Antriebsrad eine Umdrehung macht, macht das Abtriebsrad und damit auch das Hinterrad mehr als eine Umdrehung.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - beobachten zielgerichtet, auch über einen längeren Zeitraum (PK-N 6). - trennen zu beobachtende Ereignisse von Nebeneignissen (PK-N 6). - sind in der Lage, einfache technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, entsprechende Lösungsansätze zu entwerfen und zu realisieren (PK-T 1). - lesen, verstehen und setzen einfache Anleitungen um (PK-T 4). - beschreiben bzw. entwerfen einfache Modelle (mit Hilfe eines technischen Baukastens) und beschreiben ihre Vereinfachung (im Vergleich zum Fahrradgetriebe) (PK-N 11). - vergleichen und bewerten technische Problemlösungen im Hinblick auf den technischen Zweck, Materialökonomie und Originalität (PK-T 3). - auch: bewerten die Qualität ihrer Arbeiten und die der Arbeiten ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler (PK-N 12).	Die Schülerinnen und Schüler beobachten, dass sich das Hinterrad öfter dreht, wenn man die Pedale einmal herumdreht. Sie zählen, wie oft es sich dreht. Ist mit der Aufgabe eine Problemstellung verbunden, so ist die Schwierigkeit der Aufgabe zu erfassen und es sind Lösungen zu entwerfen, zu realisieren und zu überprüfen. Das Lesen und Verstehen von Anleitungen (hier auf Tippkarten) hilft den Schülerinnen und Schülern, mit noch unbekannten technischen Bauteilen umzugehen. Modelle helfen, die zugrundeliegende Funktionsweise zu verstehen, da sie sich auf Wesentliches beschränken (hier auf das Getriebe). Ihre Vereinfachungen müssen berücksichtigt werden (z. B. Gummiband statt Kette). Technisches Handeln verfolgt das Ziel, einen angestrebten Zweck zu erreichen. Die Produkte des Handelns sind daher im Hinblick auf den angestrebten Zweck zu beurteilen. Neben diesem können als weitere Kriterien die Qualität der Ausführung, die ökonomische Materialverwendung und die Originalität der Lösung reflektiert werden. Durch das Vergleichen von technischen Problemlösungen werden Unterschiede und Besonderheiten bewusst.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Lehrkraft zeigt den Schülerinnen und Schülern das auf dem Kopf stehende, beschriftete Fahrrad mit Blackbox und legt die Begriffskarten mit Teilen des verdeckten Getriebes dazu. Die Schülerinnen und Schüler wiederholen die Begriffe „Vorderrad“, „Hinterrad“, „Zahnrad“, „Kette“ und „Pedal“ sowie die Vorstellungen, Ideen und Fragen zur Funktionsweise direkt am Fahrrad. Die Lehrkraft geht dabei insbesondere auf die Unterschiede in den Zeichnungen ein und auf die Fragen, die sich daraus ergeben haben. Wie es unter der Abdeckung genau aussieht, ist größtenteils noch unklar.

Mit Baukästen (z. B. Fischertechnik) bauen die Schülerinnen und Schüler anschließend Modelle von Fahrradgetrieben. Statt einer Kette benutzen sie dazu Riemen (Gummibänder). Anschließend erklären sie an ihren Modellen und dann auch am umgedrehten Fahrrad (die Blackbox ist nun geöffnet), wie das Getriebe funktioniert. Sie fertigen eine Zeichnung des Kettengetriebes an und vergleichen diese mit ihrer zuvor angefertigten Zeichnung. Am Ende der Sequenz werden eingesetzte Forschungstätigkeiten zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Die Schülerinnen und Schüler müssen Vorerfahrungen mit dem technischen Baukasten haben, der zum Bau der Getriebe genutzt wird. Die Abbildungen beziehen sich auf Material aus dem Fischertechnik-Baukasten, der an vielen Schulen – teilweise auch an benachbarten Sekundarschulen – vorhanden ist.

Zum Erlernen des Umgangs mit Fischertechnik sollte zumindest eine Unterrichtssequenz (45 Min.) eingeplant werden.

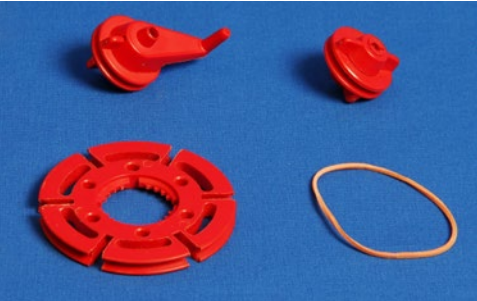
Beim umgedrehten beschrifteten Fahrrad mit Blackbox muss vor dem Unterricht am Reifen des Hinterrads eine Markierung (z. B. mit Kreide) angebracht werden.

Die von den Schülerinnen und Schülern gebauten Modelle werden am Ende der Sequenz beiseitegestellt (mit Namen beschriftet), damit in der folgenden Sequenz mit ihnen weitergearbeitet werden kann.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Theaterkreis 5 min	Einstieg Im Theaterkreis steht das umgedrehte, beschriftete Fahrrad mit Blackbox. Am Reifen des Hinterrads ist eine Markierung angebracht. Auf dem Boden liegen die Begriffskarten mit den nicht sichtbaren Teilen des Getriebes.  Anhand der Beschriftung des Fahrrads werden die Begriffe „Vorderrad“, „Hinterrad“, „Zahnrad“, „Kette“ und „Pedal“ wiederholt. Die SuS erinnern sich an die Vorstellungen, Ideen und Fragen zur Funktionsweise des Fahrrads anhand der Zeichnungen aus Sequenz 1, die vor ihnen liegen.	- beschriftetes Fahrrad mit Blackbox (aus Sequenz 1) - Begriffskarten „Zahnrad“ und „Kette“ (aus Sequenz 1) - Zeichnungen der SuS (aus Sequenz 1)
Theaterkreis 15 min	Orientierung/Aufgabenstellung Die LK führt den Begriff „Getriebe“ (Begriffskarte zeigen) ein und beschriftet die Blackbox mit der Karte. <i>LK: In einem Getriebe werden Bewegungen weitergeleitet und verändert. Beispielsweise können langsame Bewegungen in schnellere Bewegungen umgewandelt werden. Es gibt immer einen Antrieb, der die Bewegung durch Kraft, z. B. durch die eigene Kraft der Muskeln, erzeugt.</i> <i>LK: Heute finden wir heraus, wie das Getriebe an einem Fahrrad funktioniert. Beobachtet: Was passiert, wenn ich das Pedal drehe, so als würde ich Fahrrad fahren?</i>	- Begriffskarte „Getriebe“ - Klebestreifen - beschriftetes Fahrrad mit Blackbox



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Die LK dreht langsam das Pedal. Die SuS beobachten, dass sich das Hinterrad dreht, das Vorderrad aber nicht. LK: <i>Was passiert mit dem Hinterrad, wenn ich das Pedal einmal herumdrehe?</i> Die LK dreht das Pedal langsam einmal herum, dabei bremst sie mit der anderen Hand leicht den Reifen, damit dieser keinen Schwung entwickelt. Die SuS beobachten das Hinterrad und stellen durch Beobachtung der Markierung fest, dass es sich mehr als einmal herumdreht, wenn man das Pedal einmal herumdreht. LK: <i>Warum dreht sich das Hinterrad mehr als einmal, wenn ich das Pedal doch nur einmal herumdrehe?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Es hat etwas mit den Gängen zu tun. • Je schneller ich drehe, desto öfter dreht es sich hinten. • Das Rad lässt sich mit der Kette leichter drehen. LK: <i>Baut ein Modell eines Fahrradgetriebes mithilfe eines technischen Baukastens. Diese Kurbel (zeigen) stellt das Pedal dar. Das Gummiband (zeigen) stellt die Kette dar. Verschiedene Räder (zeigen) könnt ihr als Zahnräder benutzen.</i>  Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 1. Benutzt zum Bauen nur die Teile auf der Bildkarte. 2. Baut ein Modell eines Fahrradgetriebes. Beachtet: Wenn ihr das Pedal einmal dreht, soll sich das Hinterrad mehr als einmal drehen!	• 1 Kurbel • 1 Gummiband • 2 verschieden große Zahnräder • ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift
Partnerarbeit 30 min	Erarbeitung (Falls die SuS keine Vorerfahrungen mit dem technischen Baukasten haben, müsste vor dieser Sequenz – oder an dieser Stelle – der Umgang mit den Bauteilen eingeführt werden. Dafür sollte mindestens eine Unterrichtssequenz [45 Min.] eingeplant werden.)	• 16 Bildkarten • 16 Baukästen • 16 Gummibänder



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Zuerst suchen sich die SuS mithilfe der Bildkarte „Diese Teile braucht ihr“ die benötigten Fischertechnik-Teile zusammen. Anschließend bauen sie ein Modell eines Fahrradgetriebes. Sie befestigen die Kurbel an der Stange, auf der auch das große Rad sitzt und verbinden dieses mithilfe des Gummibands mit dem kleineren Rad, sodass dieses angetrieben wird. <u>Differenzierung:</u> Um den Fokus auf den Bau des Getriebes zu richten und das Konstruieren zu erleichtern, kann das Grundgerüst mit allen SuS (oder einem Teil der SuS) gemeinsam unter Anleitung der LK gebaut werden. Es liegen zwei Tippkarten bereit. SuS, die fertig sind, können den anderen helfen.	• 2 Tippkarten
Theaterkreis 20 min	Reflexion LK: <i>Erklärt, wie eure Modelle funktionieren. Benutzt dabei die Fachbegriffe.</i> SuS erläutern an ihrem Modell das Zusammenwirken von Kurbel, großem Rad, Gummiband und kleinem Rad. Sie erklären, dass das hintere Rad kleiner sein muss, als das vordere. (Ggf. LK: <i>Wie habt ihr es geschafft, dass sich das große Rad mehr als einmal dreht, wenn ihr die Kurbel einmal dreht?</i>) Mögliche Äußerungen der SuS: • Die Kurbel ist mit dem großen Rad verbunden. Beide Räder sind mit dem Gummi verbunden. Über das Gummi wird auch das kleine Rad gedreht. • Wenn die Kurbel einmal herum gedreht wird, dreht sich das vordere Rad auch einmal herum. Durch das Gummiband dreht sich das hintere Rad mit. Das vordere Rad an der Kurbel ist größer als das hintere. Wenn ich die Kurbel einmal im Kreis drehe, dreht sich das vordere Rad einmal, aber das hintere mehrmals, weil es kleiner ist. LK: <i>Wenn sich das hintere Rad häufiger dreht als das vordere Rad, an dem die Kurbel sitzt, nennen wir das eine Übersetzung ins Schnelle (Begriffskarte zeigen).</i> LK: <i>Wir wissen jetzt, wie das Getriebe an unserem Modell funktioniert. Wie ist es aber beim Fahrrad? (LK öffnet die Blackbox). Benutzt die Fachbegriffe.</i> SuS beschreiben das Zusammenwirken von Pedalen, Zahnradern, Kette und Hinterrad am Fahrrad.	• Modelle der SuS • Begriffskarte „Übersetzung ins Schnelle“ • Fahrrad mit Blackbox



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	LK: <i>Vergleicht euer Modell mit dem Getriebe des Fahrrads – was ist ähnlich, was ist anders?</i> (anders: Pedale statt Kurbel, das Pedal wird mit den Füßen getreten, Kette statt Gummiband, Zahnräder statt anderer Räder, das Hinterrad fehlt beim Modell; ähnlich: Wenn man an dem Pedal und an der Kurbel dreht, dreht sich das hintere [Zahn-]Rad schneller) (Ggf. LK: <i>Am Anfang der Stunde haben wir mithilfe des Strichs am Hinterrad beobachtet, wie oft es sich dreht, wenn man das Pedal einmal dreht. Hätte der Strich nicht auf dem am Hinterrad befestigten Zahnrad sein müssen?</i>) Mögliche Äußerungen der SuS: • Das Zahnrad bewegt ja das Hinterrad genauso mit. • Hinterrad und Zahnrad am Hinterrad bewegen sich ja gleich schnell. LK: <i>Wieso hilft uns das Getriebe beim Fahrradfahren?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Man muss nicht so viel treten. • Dann kann man weiter fahren, wenn man das Pedal einmal herumdreht. • Wenn wir einmal das Pedal herumtreten, dreht sich das hintere Zahnrad und der Reifen am Hinterrad schon x-mal (je nachdem, was vorher gemessen wurde). • Sonst würden wir nicht so gut vorwärts kommen. LK: <i>Warum sich das Hinterrad des Fahrrads dreht, haben wir nun herausgefunden. Aber warum dreht sich auch das Vorderrad?</i> (Wenn das Hinterrad sich dreht und das Fahrrad losfährt, wird das Vorderrad über den Boden geschoben und deshalb dreht es sich automatisch mit.) LK: <i>Wenn zwei Zahnräder mit einer Kette verbunden sind und die Bewegung durch eine Kette von einem Zahnrad auf das andere übertragen wird, sprechen wir von einem Kettengetriebe</i> (Begriffskarte zeigen). <i>Das Getriebe beim Fahrrad heißt deshalb Kettengetriebe.</i>	• Begriffskarte „Kettengetriebe“
Einzelarbeit 15 min	Sicherung Die SuS bearbeiten das Arbeitsblatt „Das Kettengetriebe“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe (☐☐☐ ☐☐☐ ☐☐☐). <u>Differenzierung:</u> Die SuS, die fertig sind, vergleichen ihre erste Zeichnung des Fahrrads mit der zweiten des Kettengetriebes und schreiben auf die Rückseite des Arbeitsblatts, was sie dazugelernt haben.	• AB „Das Kettengetriebe“



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Die LK hängt die Begriffskarte „Das Fahrrad mit seinen Teilen“ an die Tafel. Die SuS zeigen die auf der Begriffskarte bezeichneten Teile am Fahrrad, dessen Blackbox geöffnet ist. Ggf. gehen sie darauf ein, dass das geöffnete Fahrrad mehrere Zahnräder hat. Die LK berichtet, dass in der folgenden Stunde erforscht werden soll, welche Bedeutung die verschiedenen Zahnräder haben.	• Begriffskarte „Das Fahrrad mit seinen Teilen“ • Tafel und Magneten/Klebestreifen
Theaterkreis 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir besprechen</i> unsere Vorstellungen, Ideen und Fragen zur Funktionsweise des Fahrrads mithilfe der Zeichnungen aus der letzten Stunde. • <i>Wir beobachten</i>, was passiert, wenn man das Pedal dreht, so als würde man Fahrrad fahren. • <i>Wir vermuten</i>, warum sich das Hinterrad mehr als einmal dreht, obwohl sich das Pedal nur einmal herumdreht. • <i>Wir bauen</i> ein Modell des Fahrradgetriebes. • <i>Wir überprüfen</i> unsere Vermutung. • <i>Wir besprechen</i>, wie unsere Modelle und unser Fahrrad funktionieren. • <i>Wir vergleichen</i> das von uns gebaute Modell mit dem Getriebe des Fahrrads. • <i>Wir vermuten</i>, wie uns die Übersetzung ins Schnelle beim Fahrradfahren helfen kann. • <i>Wir dokumentieren</i> unsere Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	<i>beschriftetes Fahrrad mit Blackbox (aus Sequenz 1)</i>
	1	<i>Kurbel (aus dem Baukasten)</i>
	1	Gummiband
	2	<i>Zahnräder (aus dem Baukasten)</i>
	ggf.	<i>Tafel und Kreide</i>
	ggf. 1	<i>Plakat und Stift</i>
	ggf.	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>
	mehrere	<i>Magneten/Klebestreifen</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	16	<i>Baukästen</i>
	16	Gummibänder

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	<i>mehrere</i>	<i>Zeichnungen der SuS (aus Sequenz 1)</i>
	2	Tippkarten („1. So kannst du anfangen“ und „2. Baue daraus das Getriebe“)
	2	Begriffskarten („Zahnrad“ und „Kette“; aus Sequenz 1)
	4	Begriffskarten („Getriebe“, „Übersetzung ins Schnelle“, „Kettengetriebe“, „Das Fahrrad mit seinen Teilen“)
	16	Bildkarten („Diese Teile braucht ihr“; 1 pro Fischertechnik-Baukasten)
	Schüleranzahl	AB „Das Kettengetriebe“ (in drei Schwierigkeitsstufen; )
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir besprechen etwas“, „Wir beobachten“, „Wir bauen“, „Wir überprüfen“, „Wir vermuten“, „Wir vergleichen“ und „Wir dokumentieren“)

Sequenz 3: Wir bauen ein Modell eines Kettengetriebes mit zwei Gängen.

Zeitraumen: 45 Minuten

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - konstruieren einen Riemenantrieb (Fahrradgetriebe-Modell) mit Übersetzung ins Schnelle mit einem Gang bzw. zwei Gängen (IK 7). - beschreiben den Zusammenhang von Übersetzungsverhältnis und Rollweite des Fahrrads (IK 7).	Die Kettengangschaltung besteht (meist) aus verschiedenen großen Antriebszahnradern und verschiedenen großen Abtriebszahnradern. Für eine Übersetzung ins Schnelle müssen die Antriebszahnräder größer sein als das größte Abtriebszahnrad. Je größer das Antriebszahnrad und je kleiner das Abtriebszahnrad ist, desto häufiger dreht sich das Abtriebszahnrad bei einer Umdrehung des Antriebszahnrad und desto weiter kommt man bei einer Umdrehung der Pedale.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... - sind in der Lage, einfache technische Problem- bzw. Aufgabenstellungen zu erfassen, entsprechende Lösungsansätze zu entwerfen und zu realisieren (PK-T 1). - beschreiben bzw. entwerfen einfache Modelle und beschreiben ihre Vereinfachungen (PK-N 11). - beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen) (PK-T 2). - auch: formulieren Generalisierungen im Sinne von Je-desto-Beziehungen (PK-N 10). - vergleichen und bewerten technische Problemlösungen im Hinblick auf den technischen Zweck, Materialökonomie und Originalität (PK-T 3). - auch: bewerten die Qualität ihrer Arbeiten und die der Arbeiten ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler (PK-N 12).	Ist mit der Aufgabe eine Problemstellung verbunden, so ist die Schwierigkeit der Aufgabe zu erfassen und es sind Lösungen zu entwerfen, zu realisieren und zu überprüfen. Modelle helfen, die zugrundeliegende Funktionsweise zu verstehen, da sie sich auf Wesentliches beschränken (hier auf das Getriebe). Ihre Vereinfachungen werden erfasst (z. B. Gummiband statt Kette). Das Beschreiben allgemeiner technischer Zusammenhänge und zugrundeliegender naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ist das Ziel vieler Untersuchungen. Je-desto-Beziehungen sind eine Form einer qualitativen Generalisierung, die auf dem Vergleich mehrerer Beobachtungen beruht. Technisches Handeln verfolgt das Ziel, einen angestrebten Zweck zu erreichen. Die Produkte des Handelns sind daher im Hinblick auf den angestrebten Zweck zu beurteilen. Neben diesem können als weitere Kriterien die Qualität der Ausführung, die ökonomische Materialverwendung und die Originalität der Lösung reflektiert werden. Durch das Vergleichen von technischen Problemlösungen werden Unterschiede und Besonderheiten bewusst.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Schülerinnen und Schüler entdecken an einem auf dem Kopf stehenden Fahrrad mit Blackbox, dass das Hinterrad sich unterschiedlich oft dreht, je nachdem, ob das Pedal im kleinen Gang oder im großen Gang einmal herumgedreht wird. Sie vermuten, dass es sich um verschiedene Gänge beim Fahrrad handelt. Sie bauen ein Riemengetriebe mit Gangschaltung, das mindestens zwei Gänge hat. Im Plenum vermuten die Schülerinnen und Schüler, wozu es unterschiedliche Gänge gibt und wann welcher Gang sinnvoll eingesetzt wird. In dieser Sequenz eingesetzte Forschungstätigkeiten werden am Ende zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Besonders gut eignet sich ein Fahrrad mit einem Kettenganggetriebe, das an den Pedalen nur ein Zahnrad hat. Fahrräder mit z. B. 21 Gängen und Mountainbikes mit Übersetzungen ins Langsame (an dem Pedal ist ein kleineres Zahnrad als am Hinterrad) eignen sich eher zur Differenzierung.

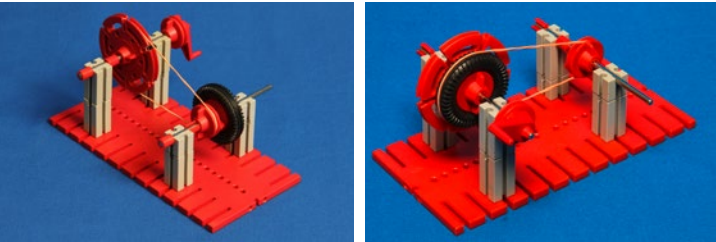
Damit die Gangschaltung betätigt werden kann, werden zwei kleine Unterlegklötze unter das Lenkrohr gelegt.

Die Lehrkraft markiert am Hinterrad eine Stelle mit Kreide.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Theaterkreis 5 min	Einstieg Im Theaterkreis steht das umgedrehte Fahrrad mit Blackbox. LK: <i>In der letzten Stunde haben wir das Kettengetriebe kennengelernt und ihr habt es gezeichnet (Beispiel zeigen). Beschreibt eurem Sitznachbarn mithilfe eurer Zeichnung, wie das Kettengetriebe funktioniert. Nutzt dabei die Fachbegriffe.</i> In einer Murmelphase wiederholen die SuS den Funktionszusammenhang von Pedalen, Zahnrädern, Kette und Hinterrad. LK: <i>Warum dreht sich das Hinterrad mehr als einmal, wenn ich das Pedal genau einmal herumdrehe (am Fahrrad mit Blackbox zeigen)?</i> Die SuS beschreiben, warum sich das Hinterrad öfter dreht, wenn man das Pedal einmal dreht. (Die Pedale treiben das große Zahnrad an. An diesem befindet sich eine Kette, die zum kleinen Zahnrad am Hinterrad führt. Wenn man die Pedale einmal herumtritt, dreht sich das kleine Zahnrad am Hinterrad und damit das Hinterrad öfter als einmal herum.)	- Fahrrad mit Gangschaltung und Blackbox - ausgefüllte AB „Das Kettengetriebe“ der SuS (aus Sequenz 2)
Theaterkreis 10 min	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Dieses Fahrrad hat ein Kettengetriebe mit einer Gangschaltung. Diese wird Kettengangschaltung (Begriffskarte zeigen) genannt. Heute untersuchen wir, was beim Schalten der Kettengangschaltung passiert.</i> Beim Kettengetriebe ist der kleinste Gang eingestellt. Am Hinterrad ist mit Kreide eine Markierung angebracht. Ein Kind dreht das Pedal einmal herum, die LK bremsst währenddessen den Reifen leicht mit der Hand, damit dieser keinen Schwung entwickelt. Alle SuS zählen die Anzahl der Umdrehungen des Hinterrads. Die LK notiert den Gang und die Anzahl der Umdrehungen des Hinterrads an der Tafel (Platz für einen mittleren Gang lassen). Das Vorgehen wird im größten Gang wiederholt. Die SuS stellen fest, dass sich das Hinterrad im größten Gang häufiger dreht als im kleinsten Gang. LK: <i>Was passiert in der Blackbox, wenn ich schalte?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: - Da sind mehrere Zahnräder an den Pedalen oder am Hinterrad. - Die Kette springt von einem Zahnrad zum anderen. - Die Zahnräder sind unterschiedlich groß.	- Fahrrad mit Gangschaltung und Blackbox - Begriffskarte „Kettengangschaltung“ - Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	LK: <i>Ob eure Vermutungen stimmen, finden wir in dieser Stunde heraus. Dazu baut ihr einen weiteren Gang an euer Modell aus der letzten Stunde.</i> Aufgabe (ggf. an der Tafel oder auf einem Plakat visualisieren) 1. Zeichnet einen Plan für ein Getriebemodell mit zwei Gängen. 2. Sucht im Kasten nach den Teilen, die ihr dazu braucht. 3. Baut euer Modell so um, dass ihr zwei Gänge einstellen könnt. Den Gang dürft ihr mit der Hand umlegen. 4. Beachtet: Wenn ihr das Pedal einmal dreht, soll sich das Hinterrad bei jedem Gang unterschiedlich oft drehen.	• ggf. Tafel und Kreide/Plakat und Stift
Partnerarbeit 15 min	Erarbeitung Die SuS zeichnen auf ein leeres Blatt, wie sie das Getriebe bauen wollen. Sie stellen das benötigte Material zusammen und bauen damit ihr Modell der letzten Sequenz zu einem Zweiganggetriebe um. Hinweis: Um die Anzahl der Umdrehungen bei den Modellen zu zählen, können die SuS die Zahnräder mit Kreide markieren.  SuS, die fertig sind, können ihr Modell auf das Arbeitsblatt zeichnen.	• leere DIN-A4-Blätter • 16 Modelle der SuS (aus Sequenz 2) • 16 Baukästen • Kreide • AB „Kettengetriebe mit zwei Gängen“
Theaterkreis 10 min	Reflexion LK: <i>Erklärt, wie euer Modell funktioniert. Nutzt dabei die Fachbegriffe.</i> SuS erläutern und demonstrieren an ihrem Modell den Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Größen der Räder und der Anzahl der Drehungen des Hinterrads. Mögliche Äußerungen der SuS: • Am Hinterrad werden zwei unterschiedlich große Räder angebracht. Beide müssen kleiner sein als das vordere Rad. • Wenn das Rad hinten ganz klein ist, dreht es sich ganz oft. Alternativ, wenn an dem Pedal (Kurbel) unterschiedlich große Räder angebracht wurden: • Ist das größere vordere Rad mit dem kleinen hinteren Rad verbunden, dreht sich das Hinterrad öfter.	• Modelle der SuS



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Ergebnis Das kleinere Zahnrad am Hinterrad dreht sich öfter herum als das größere Zahnrad am Hinterrad. Alternativ: Ist das hintere kleine Rad mit dem größeren Rad an der Kurbel verbunden, dreht es sich öfter. LK: <i>Nun schauen wir uns das Kettenganggetriebe am Fahrrad an (LK öffnet die Blackbox und demonstriert den kleinsten und den größten Gang). Vergleiche mit deinem Modell. Was ist gleich? Was ist anders?</i> Die SuS finden Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu ihren Modellen (doppelte Zahnräder befinden sich am Hinterrad; das Fahrrad hat mehr als zwei Zahnräder hinten, also auch mehr als zwei Gänge; ggf.: auch an den Pedalen befinden sich mehrere Zahnräder ...) LK: <i>Jetzt haben wir den größten und den kleinsten Gang untersucht. Beobachtet, was in einem mittleren Gang mit dem Hinterrad passiert.</i> Die LK stellt das Kettengetriebe auf einen mittleren Gang ein und dreht das Pedal einmal herum. Die SuS beobachten wie häufig sich das Hinterrad dreht. Die LK notiert den Gang und die Anzahl der Umdrehungen des Hinterrads an der Tafel (Tabelle aus der Orientierung/Aufgabenstellung ergänzen). Mögliche Äußerungen der SuS: • Das Hinterrad dreht sich häufiger als im kleinsten Gang, aber weniger oft als im größten Gang. LK: <i>Wie unterscheiden sich die verschiedenen Gänge?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Im kleinsten Gang sitzt die Kette auf dem größten hinteren Zahnrad. Das Hinterrad dreht sich x-mal. • Im größten Gang sitzt die Kette auf dem kleinsten hinteren Zahnrad. Das Hinterrad dreht sich y-mal, also häufiger als im ersten Gang. • Im mittleren Gang dreht sich das Hinterrad z-mal, häufiger als im kleinsten, aber nicht so häufig wie im größten Gang. LK: <i>Vergleicht bei den verschiedenen Gängen: Wie weit rollt das Fahrrad, wenn ich das Pedal einmal herumdrehe?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Beim großen Gang dreht es sich ja ganz oft, dann komme ich weiter. • Wenn ich das Pedal einmal trete, komme ich im kleinsten Gang nicht so weit wie im größten Gang. Im größten Gang komme ich am weitesten, wenn ich einmal trete.	• Fahrrad mit Gangschaltung und Blackbox • Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	LK: <i>Forscherinnen und Forscher versuchen immer, allgemeine Antworten und Ergebnisse zu finden. Dafür benutzen sie z. B. die Wörter „je“ und „desto“ (Sprachhilfen zeigen). Formuliert einen Satz, mit „je“, „desto“ und „Gang“.</i> Ergebnis (kann mit dem kleineren oder dem größeren Gang formuliert werden) Je größer der Gang ist, desto häufiger dreht sich das Hinterrad bei einer Umdrehung der Pedale. Je größer der Gang ist, desto weiter komme ich, wenn ich einmal trete. (Je kleiner der Gang ist, desto weniger oft dreht sich das Hinterrad bei einer Umdrehung der Pedale. Je kleiner der Gang ist, desto weniger weit komme ich, wenn ich einmal trete.) Die LK notiert das Ergebnis. Wenn noch Zeit ist, bearbeiten die SuS das Arbeitsblatt „Kettengetriebe mit zwei Gängen“ in der für sie passenden Schwierigkeitsstufe ( ) und notieren das Ergebnis.	• 2 Sprachhilfen • leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide • AB „Kettengetriebe mit zwei Gängen“
Theaterkreis 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können fortlaufend im Unterricht ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir besprechen</i>, wie das Kettengetriebe funktioniert und warum sich das Hinterrad öfter dreht, wenn man die Kurbel einmal dreht. • <i>Wir untersuchen</i>, was beim Schalten der Kettengangschaltung passiert. • <i>Wir vermuten</i>, was in der Blackbox passiert, wenn man schaltet. • <i>Wir erkennen ein Problem</i> – wenn wir die Kurbel einmal drehen, soll sich das Hinterrad bei jedem Gang unterschiedlich oft drehen. • <i>Wir überlegen eine Lösung</i>. • <i>Wir planen</i> ein Getriebemodell mit zwei Gängen und wir zeichnen den Plan. • <i>Wir bauen</i> unser Modell so um, dass wir zwei Gänge einstellen können. • <i>Wir überprüfen</i> – wenn wir die Kurbel einmal drehen, soll sich das Hinterrad bei jedem Gang unterschiedlich oft drehen. • <i>Wir vergleichen</i> die Kettengangschaltung am Fahrrad mit unseren Modellen.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	• <i>Wir beobachten</i>, was mit dem Hinterrad in einem mittleren Gang passiert. • <i>Wir vergleichen</i> bei den verschiedenen Gängen: Wie weit rollt das Fahrrad, wenn ich das Pedal einmal herumdrehe? • <i>Wir dokumentieren</i> unser Modell und <i>schreiben ein Ergebnis</i> in Form von Je-desto-Sätzen auf.	
	Hausaufgabe Die SuS untersuchen, ob ihre eigenen Fahrräder eine Kettenangschaltung haben (daran erkennbar, dass es mehrere übereinanderliegende Zahnräder gibt). SuS, denen es möglich ist, werden gebeten, ihre Fahrräder mit Kettengangschaltung und Helme zur nächsten Sequenz mitzubringen.	

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	1	<i>Fahrrad mit Kettengangschaltung und Blackbox</i>
		<i>Tafel und Kreide</i>
	ggf.	<i>Plakat und Stift</i>
	mehrere	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	16	<i>Modelle der SuS (aus Sequenz 2)</i>
	16	<i>Baukästen</i>

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	Schüleranzahl	<i>ausgefüllte Arbeitsblätter „Das Kettengetriebe“ der SuS (aus Sequenz 2)</i>
	Schüleranzahl	<i>leere DIN-A4-Blätter</i>
	Schüleranzahl	AB „Kettengetriebe mit zwei Gängen“ (in zwei Schwierigkeitsstufen;  )
	1	Begriffskarte („Kettengangschaltung“)
	2	Sprachhilfen („Je ...“ und „desto ...“)
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir besprechen etwas“, „Wir untersuchen“, „Wir vermuten“, „Wir planen“, „Wir bauen“, „Wir erkennen ein Problem“, „Wir überlegen eine Lösung“, „Wir überprüfen“, „Wir vergleichen“, „Wir dokumentieren“, „Wir zeichnen“, „Wir schreiben ein Ergebnis auf“ und „Wir beobachten“)

Sequenz 4: Wir erforschen, wie die verschiedenen Gänge wirken.

Zeitraumen: 90 Minuten (auf dem Schulhof und im Klassenraum)

Inhaltsbezogene Kompetenzen (IK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • beschreiben den Funktionszusammenhang beim Kettengetriebe des Fahrrads unter Nutzung der eingeführten Fachbegriffe (kleines und großes Zahnrad, Kette, Pedale, Hinterrad) (IK 7). • beschreiben den Zusammenhang von Übersetzungsverhältnis und Rollweite des Fahrrads (IK 7). • vergleichen den Kraftaufwand beim Treten in verschiedenen Gängen und setzen ihn in Beziehung zum zurückgelegten Weg (IK 7). • erläutern den Nutzen einer Kettengangschaltung beim Fahrrad im Alltag (IK 7).	Im kleinsten Gang braucht man weniger Kraft, um das Fahrrad fortzubewegen, muss aber für den gleichen Weg häufiger treten. Im größten Gang braucht man mehr Kraft fürs Treten, muss aber für den gleichen Weg seltener treten. Durch eine Übersetzung lässt sich der Kraftverbrauch, z. B. beim Fahrradfahren, an die gegebenen Situationen und Bedürfnisse anpassen.
Prozessbezogene Kompetenzen (PK)	Zugehöriges Wissen
Die Schülerinnen und Schüler ... • begründen Vermutungen durch Vorwissen, Erfahrungen oder Beobachtungen und prüfen die Begründungen (PK-N 3). • begründen Schlussfolgerungen (PK-N 3). • untersuchen einfache technische Gegenstände/Prozesse mit teilweise verdeckten Elementen (PK-T 2). • beschreiben technische Zusammenhänge durch Relationsverhältnisse (z. B. mit Je-desto-Formulierungen) (PK-T 2). • auch: formulieren Generalisierungen im Sinne von Je-desto-Beziehungen (PK-N 10). • dokumentieren eine Untersuchung mittels Sprache und Zeichnung mit Unterstützung der Lehrkraft bzw. auf Arbeitsblättern mit vorgegebener Struktur (PK-N 8). • analysieren zugängliche und bedeutsame technische Erfindungen (PK-T 2).	Auf der Basis von vorhandenen Erfahrungen lassen sich begründete Vermutungen aufstellen. Auch Schlussfolgerungen müssen begründet werden. Oft ist nicht sichtbar, wie mechanische Geräte funktionieren. Wenn wir sie untersuchen, können wir herausfinden, welche Zusammenhänge dahinterstecken. Das Beschreiben allgemeiner technischer Zusammenhänge und zugrundeliegender naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten ist das Ziel vieler Untersuchungen. Je-desto-Beziehungen sind eine Form einer qualitativen Generalisierung, die auf dem Vergleich mehrerer Beobachtungen beruht. Das Dokumentieren ist wichtig, um Beobachtetes bzw. Hergestelltes festhalten, mitteilen und vergleichen zu können. Dabei können sich Text und Zeichnung ergänzen. Das Anpassen der einzusetzenden Kraft an unterschiedliche Bedingungen durch Getriebe ist ein wichtiges Prinzip in der Technik. Das Fahrrad ist hierfür ein für Kinder zugängliches Beispiel.

Kurzbeschreibung der Sequenz

Die Ergebnisse aus der vorherigen Sequenz werden wiederholt. Die Schülerinnen und Schüler testen den Unterschied beim Treten der Pedale im kleinsten und im größten Gang, zunächst mit der Hand, anschließend beim Fahren. Falls möglich, testen die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Situationen und überlegen, in welchen ein großer oder ein kleiner Gang geeignet ist. Bei der Reflexion werden die Vermutungen und Erkenntnisse aufgegriffen und daraus Ergebnisse formuliert. Die in dieser Sequenz einge-

setzten Forschungstätigkeiten werden am Ende der Sequenz zusammengetragen und geklärt.

Organisatorische Hinweise

Die Sequenz sollte auf einem Schulhof mit genügend Platz zum Fahrradfahren stattfinden. Das Plakat mit der Aufgabe sollte bereits vorbereitet sein sowie die Strecke markiert, die die Schülerinnen und Schüler mit dem Fahrrad fahren sollen.

Es werden mindestens zwei Fahrräder mit Kettengangschaltung benötigt. Die Gruppenarbeit kann

auch mit Fahrrädern mit Nabenschaltung durchgeführt werden. Zudem ist eine entsprechende Anzahl Helme nötig. Es ist darauf zu achten, dass die Schü-

lerinnen und Schüler ein Fahrrad in der passenden Größe fahren.

Verlaufsplanung

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Stehkreis auf dem Schulhof 15 min	Einstieg Mithilfe der Satzstreifen aus der Sequenz 3 werden die Ergebnisse zu den beiden Gängen wiederholt. Zwei Fahrräder (einmal kleinster Gang, einmal größter Gang eingestellt) stehen umgedreht auf dem Schulhof. Die SuS stehen im Kreis um die Räder herum. LK: <i>Bei diesem Fahrrad (zeigen) ist der kleinste Gang eingestellt. Auf welches Zahnrad am Hinterrad ist die Kette gespannt?</i> LK: <i>Bei dem anderen Fahrrad ist der größte Gang eingestellt. Auf welchem Zahnrad am Hinterrad ist dort die Kette?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Im größten Gang sitzt die Kette auf dem kleinsten hinteren Zahnrad (ggf.: und auf dem größten Zahnrad an dem Pedal). Das Hinterrad dreht sich deshalb ganz oft. • Im kleinsten Gang sitzt die Kette auf dem größten hinteren Zahnrad (ggf.: und auf dem kleinsten Zahnrad an dem Pedal). Das Hinterrad dreht sich deshalb nicht so oft. • Im kleinsten Gang sitzt die Kette auf dem kleinsten Zahnrad an dem Pedal und auf dem größten hinten. LK: <i>Wisst ihr, warum wir beim Fahrradfahren unterschiedliche Gänge brauchen?</i> Mögliche Antworten der SuS: • Man braucht im kleinen Gang weniger Kraft. • Man kann verschiedene Gänge auswählen, je nachdem wo man gerade fährt. • Man kann es sich leichter machen oder schwerer. • Man kann schneller weit kommen oder langsamer. • Man muss nicht so viel treten oder sehr oft treten. LK: <i>Wann brauchen wir einen kleinen Gang, wann einen großen Gang?</i> Mögliche Antworten der SuS: • Beim Hochfahren auf einen Berg nimmt man immer den ersten (kleinsten) Gang. • Man kann dann leichter fahren, wenn man bergauf fährt. • Besser nicht immer im größten Gang fahren, das ist zu anstrengend.	• Satzstreifen mit Ergebnissen (aus Sequenz 3) • 2 Fahrräder mit Kettengangschaltung



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
	Die LK notiert die Vermutungen der SuS. LK: <i>Heute probieren wir die unterschiedlichen Gänge aus. Dabei überprüfen wir, ob unsere Vermutungen stimmen.</i>	• leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Stehkreis auf dem Schulhof 10 min	Orientierung/Aufgabenstellung LK: <i>Dreht bei unseren beiden Fahrrädern das Pedal mit der Hand.</i> Ein Kind bremst den Reifen leicht mit der Hand, damit er keinen Schwung bekommt. Die anderen SuS zählen, wie oft sich das Hinterrad beim kleinsten und größten Gang dreht (Hinterrad mit Kreide markieren). LK: <i>Wie oft hat sich das Hinterrad beim kleinsten Gang und beim größten Gang gedreht? (Umdrehungen notieren)</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Im kleinsten Gang hat es sich x-mal gedreht. • Im größten Gang hat es sich y-mal gedreht. LK: <i>Konnte man beim Bewegen des Pedals einen Unterschied spüren?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Es war unterschiedlich schwer, das Pedal zu drehen. • Bei dem Fahrrad mit dem kleineren Zahnrad hinten/dem größten Gang war es schwerer als bei dem anderen. • Bei dem Fahrrad mit dem größeren Zahnrad hinten/dem kleinsten Gang war es leichter zu drehen. Aufgabe 1. Fahrt eine Runde im kleinsten Gang auf der markierten Strecke. 2. Fahrt eine Runde im größten Gang. 3. Die anderen Kinder zählen, wie oft ihr bei der Runde jeweils in die Pedale getreten habt. 4. Besprecht: a. Welchen Unterschied spürt ihr beim Treten? b. Wie oft musstet ihr jeweils treten?	• 2 Fahrräder mit Kettengang-schaltung • Kreide • Plakat und Stift • Plakat mit Aufgabe
Gruppenarbeit 30 min	Erarbeitung Die SuS werden in so viele Gruppen eingeteilt, wie Fahrräder da sind. Die Gruppen verteilen sich auf dem Schulhof. Die SuS führen die Aufgabe durch und wechseln sich dabei ab, sodass alle den Kraftaufwand spüren und vergleichen können. <u>Differenzierung:</u> Je nach örtlichen Gegebenheiten können zusätzliche Stationen eingerichtet werden. • verschiedene Untergründe (Rasen, Sand, Asphalt) • eine Steigung hinauf, ein Gefälle hinunter • zwei SuS gleichzeitig nebeneinander in unterschiedlichen Gängen fahren und vergleichen lassen	• mehrere Fahrräder mit Gangschaltung • mehrere Helme • Plakat mit Aufgabe

Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
5 min	Wechsel in den Klassenraum	
Theaterkreis 15 min	Reflexion Die SuS berichten von ihren Erfahrungen. LK: <i>Welchen Unterschied habt ihr beim Treten im kleinsten und im größten Gang bemerkt?</i> Mögliche Äußerungen der SuS: • Im kleinsten Gang ist es leichter zu treten, aber man kommt nicht so weit mit einer Drehung des Pedals und muss deshalb häufiger treten. • Im größten Gang ist es schwerer zu treten, aber man kommt weiter mit einer Umdrehung des Pedals und muss weniger oft treten. Die LK legt die Begriffskarten „größter Gang“, „kleinster Gang“, „mehr Kraft“, „weniger Kraft“, „häufiger treten“ und „weniger oft treten“, „kleines hinteres Zahnrad“, „großes hinteres Zahnrad“, „kürzerer Weg“, „längerer Weg“ als Impulse aus. LK: <i>Sucht euch eine Karte aus und erklärt.</i> Die SuS wählen eine Begriffskarte aus und erklären ihre Beobachtungen dazu. Die LK heftet die Vermutungen vom Beginn der Sequenz an die Tafel. Die SuS sortieren ihre Vermutungen an der Tafel nach „stimmt“ und „stimmt nicht“. Ergebnis Im großen Gang brauche ich mehr Kraft, dafür muss ich die Pedale weniger oft herumtreten. (Im kleinen Gang brauche ich weniger Kraft, dafür muss ich die Pedale häufiger herumtreten.) <u>Differenzierung:</u> (Formulierung mit „je ...“ und „desto ...“; ggf. Sprachhilfen zeigen) Je größer der Gang, desto weniger oft muss ich für eine bestimmte Strecke die Pedale herumtreten und desto mehr Kraft brauche ich beim Treten. (Je kleiner der Gang, desto häufiger muss ich für eine bestimmte Strecke die Pedale herumtreten und desto weniger Kraft brauche ich beim Treten.) Die LK notiert das Ergebnis.	• 10 Begriffskarten • Satzstreifen mit Vermutungen • Magneten/Klebestreifen • Tafel und Kreide • ggf. 2 Sprachhilfen • leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide
Einzelarbeit 10 min	Ergebnissicherung Die SuS sichern die gewonnenen Erkenntnisse auf dem Arbeitsblatt „So funktioniert die Kettengangschaltung“.	• AB „So funktioniert die Kettengangschaltung“



Zeit, Sozial-/Arbeitsform	Lehrkraft (LK) – Schülerinnen und Schüler (SuS)	Material/Medien
Unterrichtsgespräch 5 min	Reflexion der durchgeführten Forschungstätigkeiten Die LK erarbeitet mit den SuS in dieser Unterrichtssequenz durchgeführte Forschungstätigkeiten und hängt die entsprechenden Karten mit Forschungstätigkeiten auf. Unbekannte Begriffe werden erläutert. Vollständigkeit ist nicht erforderlich – die Forschungstätigkeiten können im Verlauf des weiteren Unterrichts ergänzt werden. Mögliche Äußerungen der SuS: • <i>Wir besprechen</i> unsere Ergebnisse der letzten Stunde. • <i>Wir vermuten</i>, wann wir einen kleinen Gang und wann wir einen großen Gang brauchen. • <i>Wir untersuchen</i> verschiedene Gänge bei Kettengetrieben. • <i>Wir beobachten</i>, wie oft sich das Hinterrad beim kleinsten und größten Gang auf der gefahrenen Strecke dreht (wie oft wir jeweils auf der Strecke treten mussten). • <i>Wir besprechen</i> unsere Erfahrungen. • <i>Wir überprüfen</i> unsere Vermutungen. • <i>Wir dokumentieren</i> unsere Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt.	• Karten mit Forschungstätigkeiten • ggf. leere Satzstreifen und Stift/Tafel und Kreide

Materialien

Kursiv geschriebene Materialien müssen selbst besorgt werden.

Benötigtes Demonstrationsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	<i>mehrere</i>	<i>Satzstreifen mit Ergebnissen (aus Sequenz 3)</i>
	<i>2</i>	<i>Fahrräder mit Kettengangschaltung</i>
	<i>mehrere</i>	<i>leere Satzstreifen und Stift</i>
		<i>Tafel und Kreide</i>
	<i>1</i>	<i>Plakat und Stift</i>
	<i>1</i>	<i>Plakat mit Aufgabe</i>
	<i>mehrere</i>	<i>Magneten/Klebestreifen</i>

Benötigtes Versuchsmaterial

✓	Stückzahl	Material
	<i>mehrere</i>	<i>Fahrräder mit Gangschaltung</i>
	<i>mehrere</i>	<i>Helme</i>

Weitere Materialien

✓	Stückzahl	Material
	Schüleranzahl	AB „So funktioniert die Kettengangschaltung“
	10	Begriffskarten („größter Gang“, „kleinster Gang“, „mehr Kraft“, „weniger Kraft“, „häufiger treten“, „weniger oft treten“, „kleines hinteres Zahnrad“, „großes hinteres Zahnrad“, „kürzerer Weg“ und „längerer Weg“)
	ggf. 2	Sprachhilfen („Je ...“ und „desto ...“)
		Karten mit Forschungstätigkeiten („Wir besprechen etwas“, „Wir vermuten“, „Wir untersuchen“, „Wir beobachten“, „Wir überprüfen“ und „Wir dokumentieren“)
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Viele Gänge“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Eine Schleifmaschine für Bleistifte erfinden“
	5	Tippkarten „Eine Schleifmaschine für Bleistifte erfinden“
	Schüleranzahl	Knobelaufgabe „Mountainbike“

6 Anhang

6.1 Inhalte der Materialkisten

Materialkisten für den Primarbereich

zum Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht*:

Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen.

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

Hrsg. von Kornelia Möller 2021

Materialkisten für die Klassenstufen 2/3



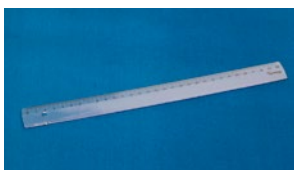
Es gibt insgesamt vier Verpackungskisten.

Materialkisten für die Klassenstufen 3/4

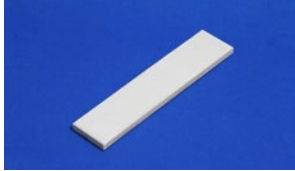


Inhalte der Materialkisten für die Klassenstufen 2 und 3

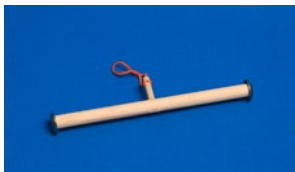
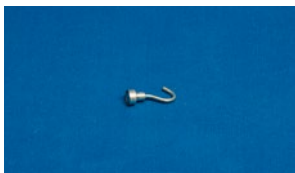
Unterrichtseinheit 1: Wir erforschen, was Gegenstände stabil macht.

Anzahl	Gegenstand	Foto
20	Rohre mit Stopfen	
4	Türme mit leichtem Fuß	
1	Turm mit mittelschwerem Fuß	
4	Türme mit schwerem Fuß	
4	Türme auf kleiner Standfläche	
1	Turm auf mittelgroßer Standfläche	
4	Türme auf großer Standfläche	
1	Lineal	



60	Bierdeckel	
48	kleine Holzleisten 10x40x180mm	
50	Schaschlikspieße	
8	kurze Holzstäbe 15x15x400mm	
4	Rohre ohne Stopfen	

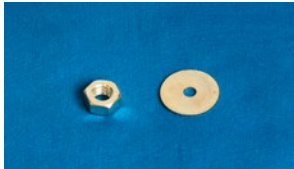
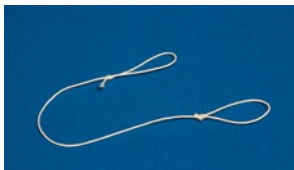
Unterrichtseinheit 2: Wir konstruieren ein Mobile.

Anzahl	Gegenstand	Foto
16	lange Mobilestäbe	
32	kurze Mobilestäbe	
3	Magnethaken	



80	Pappscheiben	
----	--------------	--

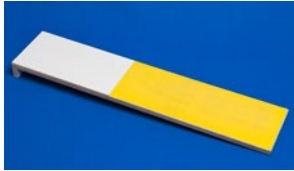
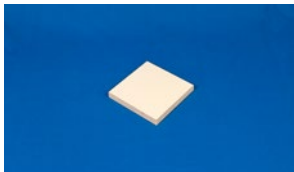
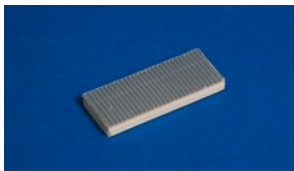
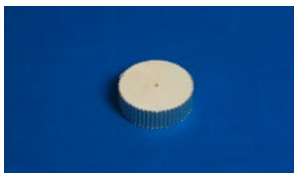
Unterrichtseinheit 3: Wir erforschen, wie Figuren balancieren.

Anzahl	Gegenstand	Foto
1	Knete	
1	Dose mit Muttern und Unterlegscheiben	
20	Wäscheklammern	
16	Schnüre ohne Schleifen	
16	Schnüre mit Schleifen ca. 320 mm	
1	Clown mit Gewichten	
1	Clown ohne Gewichte	

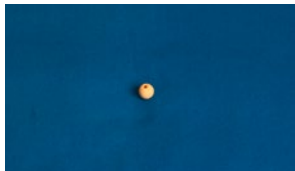
16	Clowns	
----	--------	--

Inhalte der Materialkisten für die Klassenstufen 3 und 4

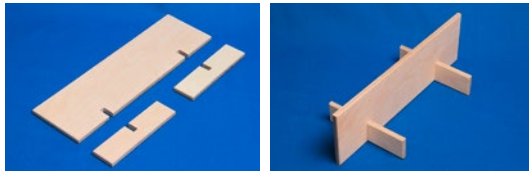
Unterrichtseinheit 1: Wir erkunden, wie Gegenstände bewegt und gebremst werden.

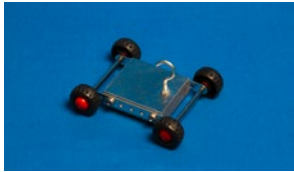
Anzahl	Gegenstand	Foto
16	Holzstücke 15x35x120mm	
1	Rampe mit Schleifpapier	
1	Rampe mit Kunststoff	
8	Materialproben mit Schleifpapier	
8	Materialproben mit Kunststoff	
2	Plättchen mit Wellpappe	
1	Rad mit Wellpappe	



40	Trinkhalme	
64	Holzräder	
35	Rundholzstäbe 250 mm, Ø 4 mm	
60	Schaschlikspieße Ø 3 mm	
1	Puck	
1	Dose mit Holzperlen	

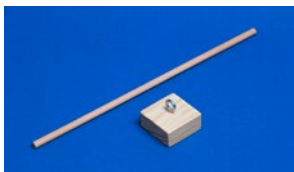
Unterrichtseinheit 2: Wir sparen Kraft mit Rampen.

Anzahl	Gegenstand	Foto
1	Gestell für Rampe	
1	kurze Rampe	

1	mittlere Rampe	
1	lange Rampe	
1	Wagen	
1	Feder an Rundstab	
1	Schnur mit Schlaufen ca. 160mm	

Unterrichtseinheit 3: Wir sparen Kraft mit Hebeln.

Anzahl	Gegenstand	Foto
1	kurzer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz	
1	langer Hebel mit befestigtem Dreiecksklotz	
1	kurzer Holzstreifen 4x30x125 mm	

1	langer Holzstreifen 4x30x330 mm	
1	Locher	
1	Locher mit Leiste als Verlängerung	
3	Wäscheklammern mit abgeschnittenem Kraftarm	
3	Wäscheklammern	
2	lange Holzstäbe 15x15x450 mm	
1	Holzklötz mit Ringschraube und Rundstab 250 mm, Ø 6 mm	
2	Unterleghälzer 30x30x50 mm	
1	Holzklötz 80x80x50 mm	

32	Schaschlikspieße	
----	------------------	--

Unterrichtseinheit 4: Wir sparen Kraft mit Getrieben.

Anzahl	Gegenstand	Foto
1	Packung Gummibänder	

6.2 Literatur

VERWENDETE LITERATUR

Bertelmann, H.; Nachtigäller, I.; Flesch, M. & Möller, K. (2017): *Wie funktioniert ein Fahrradgetriebe?* Grundschulunterricht Sachunterricht – Technische Phänomene, Jg. 64, S. 8–12.

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

Dölle, S. (2021): *Technik erkunden und analysieren – Wie funktioniert das Kurbelkarussell?* In: K. Möller; C. Tenberge & M. Bohrmann (Hrsg.), *Die technische Perspektive konkret. Begleitband 5 zum Perspektivrahmen Sachunterricht.* Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 163–175.

Labudde, P. & Rösch, S. (2021): *Spiralcurriculum Kräfte und Gleichgewicht: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen.* Band 3: Sekundarbereich. Hrsg. von Kornelia Möller.

Ullrich, H. & Klante, D. (1994): *Technik im Unterricht der Grundschule. Didaktische Grundlegung. Unterrichtsmodelle. Unterrichtsmaterialien.* Villingen-Schwenningen: Neckar.

Wyssen, H.-P. (2021): *Kraft sparen mit dem Hebel.* In: K. Möller; C. Tenberge & M. Bohrmann (Hrsg.), *Die technische Perspektive konkret. Begleitband 5 zum Perspektivrahmen Sachunterricht.* Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 177–189.

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

LITERATUREMPFEHLUNGEN

Unterrichtsideen zum Thema „Kräfte und Gleichgewicht“ in der Grundschule

Aulke, G.; Drechsler-Köhler, B.; Haas, W.; Hinze, G.; Lüftner, W.; Mues, R. & Papstein, G. (2004): *Bausteine Sachunterricht 3.* Braunschweig: Westermann.

Bertelmann, H.; Nachtigäller, I.; Flesch, M. & Möller, K. (2017): *Wie funktioniert ein Fahrradgetriebe?* Grundschulunterricht Sachunterricht – Technische Phänomene, Jg. 64, S. 8–12.

Blaseio, B.; Dreher, T.; Goll, T.; Klinger, U.; Michalik, K.; Rütz, B. & Zolg, M. (Hrsg.) (2014): *Was mein Fahrrad alles kann. Technisches Lernen: Das Fahrrad.* Weltwissen Sachunterricht, 2014 (1).

Bunk, H.-D.; Enders, A.; Hirschmann, A.; Hieber, M.; Meendermann, K. & Wild, U. (2009): *Piri 2 Sachheft.* Stuttgart: Klett.

Eikmeyer, B. & Tenberge, C. (2012): *Mein Fahrzeug fährt am besten!* Grundschulunterricht Sachunterricht, Jg. 54, S. 18–21.

Fischer, A. (2004): *Kräfte im Großformat. Mechanik in der 7. Klasse.* Erziehungskunst, 2004 (1), S. 12–23.

Giest, H.; Kleinschmidt-Bräutigam, M.; Kruse, N.; Rasch, R. & Wittkowske, S. (Hrsg.) (2012): *Technik.* Grundschulunterricht Sachunterricht, 2012 (2).

Kahlert-Reby, J. & Miedzinski, K. (1988): *Physik spüren. Bewegungserfahrung mit einfachen Maschinen.* Grundschule (3), S. 30–33.

Klein, K.; Winter, M. & Engel, K. (2002): *Technik im Sachunterricht begreifen.* Baltmannsweiler: Schneider.

Lambert, A. & Reddeck, P. (2007): *Brücken – Türme – Häuser. Statisch-konstruktives Bauen in der Grundschule.* In: M. Zolg; R. Wodzinski & H. Wöhrmann (Hrsg.), *Materialien für den naturwissenschaftlichen und technischen Sachunterricht.* Kassel: University Press.

Lanz, B. (2015): *Die Hebelkraft im Alltag entdecken.* Grundschule Sachunterricht, Jg. 65, S. 22–25.

Möller, K. (Hrsg.) (2015): *Holz erleben – Technik verstehen. Praktische Unterrichtsideen und Materialien für die Grundschule.* Seelze: Friedrich.

Schmeink, D.; Dreher, T.; Dölle, S.; Lüpkes, J. & Oldenburg, I. (Hrsg.) (2016): *Die unglaubliche Kraft der Physik.* Weltwissen Sachunterricht, 2016 (3).

Stieve, C. (o. J.): *Die Hebelkiste. Eine technische Materialkiste für Grundschulen.* (erhältlich beim Medienzentrum Osnabrück: www.medienzentrum-osnabrueck.de/die-hebelkiste/).

Ullrich, H. & Klante, D. (1994): *Technik im Unterricht der Grundschule. Didaktische Grundlegung. Unterrichtsmodelle. Unterrichtsmaterialien.* Villingen-Schwenningen: Neckar.

Wyssen, H.-P.; Bringold, B. & Kiener, J. (2005): *Karussell. Natur und Technik.* 2. Aufl. Bern: Schulverlag plus.

Wyssen, H.-P.; Bringold, B. & Kiener, J. (2010): *Riesenrad. Natur und Technik*. 3. Aufl. Bern: Schulverlag plus.

Zolg, M. (2008): *Baut ein Fahrzeug, das möglichst weit rollt!* Weltwissen Sachunterricht, 2008 (1), S. 12–13.

Zolg, M. (2006): *Das Geheimnis der Pyramide – Vorstellungen von Grundschüler/innen zum Pyramidenbau*. In: M. Bernhardt, M.; G. Henke-Bockschatz, G. & M. Sauer (Hrsg.), *Bilder – Wahrnehmungen – Konstruktionen*. Schwalbach/Ts.: Wochenschau, S. 119–132.

Zolg, M. (2010): *Ein Maschinenbau-Lehrgang*. Weltwissen Sachunterricht, 2010 (2), S. 16–25.

Zolg, M. & Wodzinski, R. (2003): *Eine runde Sache*. Technische und physikalische Lerngelegenheiten am Fahrrad. Grundschule, 2003 (9), S. 22–25.

Sachinformationen zum Thema „Kräfte und Gleichgewicht“

Epstein, L. C. (2011): *Denksport Physik. Fragen und Antworten*. München: Deutscher Taschenbuchverlag.

Macaulay, D. & Ardley, N. (2016): *Das neue große Mammut-Buch der Technik*. London: Dorling Kindersley.

SUPRA – Sachunterricht praktisch und konkret (2020): *Technisches Spielzeug. Sachinformationen für die Lehrkraft*. www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/technisches-spielzeug/sachinformationen-fuer-die-lehrkraft [03.07.2020].

Teichmann, J. & Krapp, T. (2018): *Mit Einstein im Fahrstuhl*. Würzburg: Arena.

Video/DVD

Planet Schule: www.planet-schule.de/frage-trifft-antwort/video/detail/kann-ein-mann-einen-laster-anheben.html [10.03.2021].

WDR. Die Maus: Bauwerke. www.wdrmaus.de/extras/ [03.07.2020].

WDR. Die Maus: Fahrrad. www.wdrmaus.de/extras/ [03.07.2020].

ZDFtivi. Löwenzahn: Erfindungen. www.zdf.de/kinder/loewenzahn/technik-120.html [03.07.2020].

ZDFtivi. Löwenzahn: Fahrrad. www.zdf.de/kinder/loewenzahn/technik-120.html [03.07.2020].

ZDFtivi. Löwenzahn: Mechanik. www.zdf.de/kinder/loewenzahn/technik-120.html [03.07.2020].

Kindersachbücher

Bartelsheim, U. et al. (2013): *Geniale Welt der Technik*. Nürnberg: Tessloff (aus der Reihe: Was ist was).

Bridgman, R. & Bär, M. (2000): *Sehen, Staunen, Wissen: Technik. Faszinierende Forschung*. Hildesheim: Gerstenberg.

Hecker, J. (2013): *Der Kinderbrockhaus. Geniale Experimente. Naturwissenschaften zum Ausprobieren*. Gütersloh/München: F. A. Brockhaus/wissenmedia in der inmediaONE GmbH.

Macaulay, D. (2016): *Coole Kräfte – so arbeiten einfache Maschinen*. London: Dorling Kindersley.

Pichol, K. (2018): *Mechanik*. Nürnberg: Tessloff (aus der Reihe: Was ist was).

Internetseiten für Kinder

- www.blinde-kuh.de
- www.klexikon.de
- www.wasistwas.de
- www.wdr.de/tv.wissen-macht-ah
- www.wissensforscher.de
- www.wissenskarten.de

Internetseiten für Lehrkräfte

- www.edmond-nrw.de/
- www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/2128
- www.supra-lernplattform.de

6.3 Glossar¹

Getriebe: Als Getriebe werden die Übertragungselemente von Bewegungen und Kräften in Geräten und Maschinen bezeichnet. Sie leiten die vom Antrieb ausgehende Bewegung und die Kräfte an das (→) Abtriebsrad und damit auch an das Wirkteil weiter. Getriebe können die Drehzahl, die Drehrichtung und/oder die Drehebene verändern. Auch kann eine Bewegungsform in eine andere überführt werden, z. B. eine kreisförmige Bewegung in eine Hin-und-Her-Bewegung wie beim Scheibenwischer.

- **Abtriebs- und Antriebsrad:** In der Technik wird bei Getrieben zwischen An- und Abtriebsrad unterschieden. Beim Fahrrad ist das vordere große Zahnrad, d. h. dasjenige bei den Pedalen, das Antriebsrad, das Zahnrad am Hinterrad ist das Abtriebsrad.
- **Drehzahl:** Diese Zahl gibt die Anzahl der Umdrehungen pro Sekunde oder pro Minute an. Ein altes Mühlrad hat typischerweise eine Drehzahl von zwei bis drei Umdrehungen pro Minute, ein Benzinautomotor 1.000 bis 4.000 Umdrehungen pro Minute. Fast alle Autos besitzen einen Drehzahlmesser, der die Drehzahl des Motors angibt. Die Einheit der Drehzahl lautet „pro Sekunde“ (oder „pro Minute“). Beim Rädergetriebe werden Drehzahlen geändert: Das Abtriebsrad hat bei einer (→) Übersetzung ins Schnelle eine größere Drehzahl als das Antriebsrad; bei einer (→) Übersetzung ins Langsame hat es eine kleinere Drehzahl als das Antriebsrad.
- **Rädergetriebe:** Zu den Rädergetrieben gehören (→) Zahnradgetriebe und Zugmittelgetriebe. Rädergetriebe übertragen Bewegung und Kraft von einem Rad auf ein anderes, entweder durch ineinandergreifende Zahnräder (z. B. Zahnradgetriebe beim Handrührgerät), durch Zahnräder, die mit Ketten verbunden sind (z. B. (→) Kettengetriebe beim Fahrrad) oder durch Räder, die mit Riemen verbunden sind (z. B. Keilriemengetriebe beim Auto).
- **Zahnradgetriebe:** Das Zahnradgetriebe leitet Drehbewegungen über ineinandergreifende Zähne von einer zur anderen Welle weiter. Die Anzahl der Zahnräder entscheidet über die Drehrichtung: Bei einer geraden Anzahl von Zahnrädern drehen das erste und das letzte

Zahnrad in unterschiedlicher Richtung. Bei einer ungeraden Anzahl von Zahnrädern drehen das erste und das letzte Zahnrad in der gleichen Richtung. Liegen die Wellen der Zahnräder parallel, handelt es sich um ein Stirnradgetriebe (z. B. Schleifmaschine); liegen die Wellen im Winkel zueinander, so handelt es sich um ein Winkelgetriebe mit veränderten Drehebene(n) (z. B. handbetriebene Bohrmaschine, Handrührgerät).

- **Ketten(schalt)getriebe:** Die Zahnräder sind durch eine Kette miteinander verbunden (z. B. Fahrradgetriebe). Auf der Antriebswelle sowie auf der Abtriebswelle können mehrere Zahnräder liegen, sodass durch Umlegen der Kette (durch das Schalten) unterschiedliche Zahnräder miteinander verbunden werden können. Je größer der Unterschied im Durchmesser der verbundenen Zahnräder, desto größer ist die erzielte Veränderung der Drehzahl.
- **Übersetzung ins Schnelle:** Wenn bei Rädergetrieben die Drehzahl des Antriebsrads kleiner ist als die Drehzahl des Abtriebsrads, spricht man von einer Übersetzung ins Schnelle (z. B. handbetriebene Bohrmaschine, Handrührgerät, Fahrrad, Salatschleuder).
- **Übersetzung ins Langsame:** Wenn bei Rädergetrieben die Drehzahl des Antriebsrads größer ist als die Drehzahl des Abtriebsrads, spricht man von einer Übersetzung ins Langsame (z. B. handgetriebene Brotschneidemaschine, kleine Gänge beim Mountainbike).
- **Übersetzungsverhältnis:** Bei Rädergetrieben bestimmen die Durchmesser der Zahnräder (bzw. deren Umfang) das Übersetzungsverhältnis. Ist der Durchmesser bzw. Umfang des Antriebsrads n mal so groß wie der Durchmesser bzw. Umfang des Abtriebsrads, dreht sich dieses n mal schneller. Wir sprechen von einem Übersetzungsverhältnis von 1:4; das Abtriebsrad hat eine n mal höhere (→) Drehzahl als das Antriebsrad. Es handelt sich also um eine (→) Übersetzung ins Schnelle. Ein Übersetzungsverhältnis von 2:1 entspricht einer Halbierung der Drehzahl. Es handelt sich also um eine (→) Übersetzung ins Langsame.

Goldene Regel der Mechanik: Diese Regel gilt immer, wenn Kräfte umgeformt werden, z. B. bei einer schiefen Ebene, bei Hebeln oder Getrieben,

¹ An diesem Kapitel hat Peter Labudde mitgewirkt.

beim Flaschenzug. Diese Geräte dienen dazu, die aufzubringende Kraft, z. B. zum Heben einer Last, zu verringern. Die dabei aufzubringende Arbeit oder Energie bleibt dabei konstant. Aus dem Alltag ist uns das vertraut: Es ist einfacher, eine Last über eine flache Rampe als über eine steile Leiter nach oben zu befördern. Ersteres benötigt zwar weniger Kraft, man muss aber 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, Hebel beim Bewegen schwerer Lasten oder Flaschenzüge beim Hausbau im alten Griechenland. Aber erst der italienische Naturwissenschaftler Galileo Galilei (1564–1642) formulierte 1594 diese Alltagseinrichtungen und -erfahrungen in einem naturwissenschaftlichen Lehrsatz: „Was man an Kraft spart, muss man an Weg zulegen.“ Er nannte diesen Lehrsatz die Goldene Regel der Mechanik.

- **Goldene Regel der Mechanik bei der (→) Rampe:** Um einen Gegenstand in die Höhe zu befördern, ist Kraft erforderlich. Diese ist geringer, wenn man den Gegenstand nicht senkrecht nach oben hebt oder zieht, sondern über eine Rampe nach oben befördert. Je flacher die Rampe, desto mehr Kraft lässt sich sparen. Ein bekanntes Beispiel dafür sind Rollstuhlrampen: Ist die Rampe lang, muss die schiebende Person weniger Kraft aufwenden als bei einer kurzen Rampe; der Weg ist dafür allerdings länger.
- **Goldene Regel der Mechanik beim (→) Hebel:** Wird ein Hebel genutzt, um z. B. Gegenstände zu heben (Brechstange), durchzuschneiden (Schere) oder zu lösen (Flaschenöffner), so hilft ein langer Kraftarm: Je länger der Kraftarm, desto mehr Kraft kann ich sparen. Hintergrund ist das (→) Hebelgesetz: Eine geringere Kraft muss durch einen längeren Kraftarm ausgeglichen werden.
- **Goldene Regel der Mechanik beim (→) Rädergetriebe:** Bei Rädergetrieben werden Drehzahlen verändert (z. B. Fahrradgetriebe). Das (→) Übersetzungsverhältnis bestimmt die aufzubringende Kraft. Beim Fahrrad ist weniger Kraft erforderlich, wenn man in einem kleineren Gang tritt. Die Kraftersparnis geht aber zulasten des aufzuwendenden Wegs: Man muss wesentlich öfter die Pedale herumtreten (die Füße legen dabei einen längeren Weg zurück), um die gleiche Wegstrecke wie beim großen Gang zu erreichen.

Hebel: Ein Hebel ist eine in einem Drehpunkt beweglich gelagerte Leiste, Stange o. Ä. Er kann sich wie bei Wippe, Balkenwaage oder Mobile im Gleichgewicht befinden (→ Hebelgesetz) oder zum Sparen von Kraft eingesetzt werden (→ Goldene Regel der Mechanik beim Hebel, → Kraft sparen). Unterschieden werden ein- und zweiseitige Hebel.

- **Einseitiger Hebel:** Beim einseitigen Hebel greifen sowohl die Last als auch die Kraft auf der gleichen Seite des Drehpunkts an (z. B. Schubkarre, Nussknacker, Knoblauchpresse, Flaschenöffner). Der Lastarm liegt dabei „umgeklappt“ auf dem Kraftarm.
- **Zweiseitiger Hebel:** Beim zweiseitigen Hebel greifen Kraft und Last rechts und links des Drehpunkts an (z. B. Balkenwaage, Kneifzange).
- **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:

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

(Kraft mal Kraftarm = Last mal Lastarm)

Werden Hebel zum Sparen von Kraft genutzt, gilt das Hebelgesetz ebenfalls: Je länger der Kraftarm im Vergleich zum Lastarm, desto geringer ist der Kraftaufwand, um die Last zu bewegen.

Kraft: Kraft ist eine physikalische Größe. Die Abkürzung lautet F nach dem englischen „force“. Ihre Einheit ist (→) Newton (N). Kräfte erkennt man an ihren Wirkungen. Wenn ein Objekt beschleunigt, abgebremst oder verformt wird, wirkt eine Kraft. Jede Kraft weist eine Richtung auf. Mechanische Kräfte lassen sich mit Federkraftmessern messen. Die (→) Reibung ist eine bekannte Kraft; sie wirkt der Bewegung des Körpers entgegen.

- **Federkraftmesser:** Mit dem Federkraftmesser lassen sich Kräfte messen. Er besteht aus einer Spiralfeder, 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. Je größer die wirkende Kraft ist, desto stärker dehnt sich die Feder aus. Bei doppelter Kraft wird die Ausdehnung doppelt so groß. Auf diese Weise lässt sich mit Federn die Größe einer Kraft bestimmen. Das gilt nicht nur für Federkraftmesser, sondern auch für Federn, die genügend Elastizität besitzen (wie sie im Unterricht bei der Sequenz zur Rampe benutzt werden). Diese sind allerdings weder genormt noch geeicht. Das Maß der Ausdehnung gibt aber dennoch einen Hinweis auf die auf die Feder wirkende Kraft.

- **Gewicht:** In der Physik wird das Gewicht 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 wird in der Einheit Kilogramm angegeben.
- **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.
- **Kraft sparen:** Mit Rampen, Hebeln, Getrieben und Flaschenzügen lässt sich Kraft sparen.

Je länger die Rampe, desto mehr Kraft wird gespart.

Je länger der Kraftarm im Vergleich zum Lastarm beim bewegten Hebel, desto größer kann die zu bewegendende Last sein.

Je kleiner die Übersetzung beim Rädergetriebe (z. B. Fahrrad), desto mehr Kraft wird gespart.

Die (→) Goldene Regel der Mechanik besagt: Das „Sparen“ der Kraft muss in allen diesen Fällen mit einem längeren Weg „erkauft“ werden.

- **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 seine Gewichtskraft bzw. sein Gewicht. Wegen der im Vergleich zur Erde geringeren Anziehungskraft des Mondes weist der Astronaut auf dem Mond ein Gewicht auf, das sechsmal kleiner ist als auf der Erde.
- **Newton:** Die Einheit für die physikalische Größe Kraft ist nach dem englischen Mathematiker und Naturwissenschaftler Sir Isaac Newton (1642–1726) benannt. Die Abkürzung ist N. Eine Masse von 1 kg hat auf der Erde eine Gewichtskraft von ungefähr 10 N, auf dem Mond hingegen eine etwa sechsmal kleinere Gewichtskraft, d. h. etwa 1,6215 N.

Rampe: Eine Rampe ist eine schiefe Ebene, die dazu dient, Höhenunterschiede zu überbrücken. Mit einer Rampe lässt sich (→) Kraft sparen. Auch bei ihr gilt die (→) Goldene Regel der Mechanik.

Reibung: Reibung, auch Reibungskraft oder Friktion genannt, ist eine (→) Kraft, die zwischen zwei Körpern wirkt, die einander berühren. Wenn wir z. B. einen Schrank verschieben, tritt zwischen Schrank und Boden Reibung auf. Wenn wir Ski fahren oder mit den Langlaufskis unterwegs sind, gibt es Reibung zwischen Ski und Schnee. Die Reibung erschwert das Verschieben des Schanks bzw. das Gleiten auf dem Schnee. Sie hängt einerseits von der Masse des Körpers ab, d. h. von der Masse des Schanks bzw. der Masse der Langläuferin, andererseits von der Beschaffenheit der Oberfläche der beteiligten Körper, beim Skilanglauf also von der Unterfläche

der Langlaufskis sowie von der Schneebeschaffenheit. In vielen Fällen wünscht man sich wenig Reibung: Beim Verschieben des Schrankes lässt sich die Reibung durch Unterlegen von Tüchern oder Fußmatten 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).

- **Haftreibung und Gleitreibung:** Mit Haftreibung bezeichnet man die Reibung, die entsteht, wenn man einen Gegenstand „aus der Ruhe heraus“ gegen eine Fläche verschiebt. Wenn wir z. B. einen Schrank aus der Ruhelage heraus anschieben, benötigen wir am Anfang besonders viel Kraft – die Haftung des Schrankes mit dem Boden muss zunächst überwunden werden. Ist der Schrank erst einmal in Bewegung, reduziert sich der Kraftaufwand: Der Schrank gleitet über den Boden. Die dabei entstehende Reibung wird als Gleitreibung bezeichnet. Es ist die Reibung, die „während“ einer Bewegung von zwei Körpern gegeneinander entsteht.
- **Rollreibung:** Deutlich geringer als die Haft- und die Gleitreibung ist die Rollreibung. Sie entsteht, wenn zwei Flächen nicht gegeneinander verschoben werden, sondern eine Fläche auf der anderen abrollt. Beispiele hierfür sind das Rad (Fahrrad, Auto) und das Kugellager. Die Vermeidung von Gleit- und Haftreibung durch die Nutzung von Rollen, Rädern und Kugeln gehört zu den wichtigsten Erfindungen der Menschheit.

Stabilität: Die Stabilität eines Körpers hängt von verschiedenen Faktoren ab, z. B. vom Material und den Bestandteilen eines Körpers, aber auch von seiner (→)Standfestigkeit und damit von der Lage seines (→)Schwerpunkts.

- **Schwerpunkt:** In den Naturwissenschaften und der Mathematik bezeichnet der Schwerpunkt den sogenannten Massenmittelpunkt. 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 Kugel 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, → Standfestigkeit).

- **Standfestigkeit:** Je tiefer der Schwerpunkt eines Körpers und je näher sich der Schwerpunkt des Körpers über der Mitte seiner Auflagefläche befindet, desto größer ist seine Standfestigkeit: Türme aus Bauklötzen und Hochhäuser, die sich nach oben verjüngen, sind standfester 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. Ein Sonnenschirm mit einem schwereren Fuß, also mit tieferem Schwerpunkt, ist stabiler als einer mit einem leichteren Fuß. Auch größere Standflächen (z. B. beim Weinglas mit großem Fuß) oder Stützen (z. B. beim Notenständer) verbessern die Standfestigkeit.

6.4 Bildnachweise

Ulrike Austermann:	S. 38 (5)
Deutsche Telekom Stiftung:	S. 3
Dölle:	S. 46 (29)
Gemperle:	S. 44 (22 u. 23)
Oliver Grewe:	S. 47 (31 u. 32), S. 48
Jan Hardes:	S. 40, S. 58 (o. Sequenz 3), S. 79, S. 114
Institut für Didaktik des Sachunterrichts:	S. 222 (u. re.)
Arne Lambertz:	S. 58 (u. Sequenz 3)
Bernhard Lanz:	S. 41 (13), S. 43 (21a-b), S. 57 (Sequenz 1), S. 59 (Sequenz 3), S. 60 (3. von o. und u. Sequenz 2), S. 64, S. 127, S. 147-150, S. 164, S. 169-170, S. 175
Lechhansl, CC BY-SA 3.0 (https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15171147):	S. 84 (3. von o.)
Kornelia Möller:	S. 36 (1d)
Pixabay.com:	S. 82 (4. von o.), S. 82 (3. von u.), S. 82 (2. von u.), S. 83 (4. von o.)
Privat:	S. 39 (7), S. 222 (2 von o. re.)
Pxhere.com:	S. 82 (1. von o.)
Dorothee Rietz:	S. 222 (o. re.)
Arndt Rösner:	S. 202
Heike Schlehauf:	S. 222 (2. von u. re.)
SeitenPlan GmbH (Grafiken):	S. 24, S. 36 (1a), S. 37 (2a-e), S. 39 (9), S. 41 (14), S. 42 (16), S. 43 (20), S. 44 (24 u. 25), S. 61 (Sequenz 2 und 4), S. 72, S. 156 (so wie alle Differen- zierungszeichen)
Shutterstock.com:	lasha S. 36 (1c) und S. 82 (3. von o.), Ekaterina43 S. 41 (11), Christina Richards S. 43 (17), Brandshot S. 46 (28), Veronica Louro S. 59 (u. Se- quenz 1), ZoranOrcik S. 82 (2. von o.), diPersika S. 82 (u.), SAMMYEK S. 83 (o.), satit_srihin S. 83 (2. von o.), Phichai S. 83 (3. von o.), Matt Kay S. 83 (3. von u.), ChandelOlga S. 83 (u.), Engineer studio S. 84 (o.), NataliSel S. 84 (2. von o.), Artashes Ogandzhanyan S. 84 (3. von u.), Kendrick Adams S. 84 (2. von u.), mutation S. 84 (u.), Anna Nahabed S. 176
Thomas Stuber:	S. 59 (o. Sequenz 2)
Wilhelmy - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0 (https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17876542):	S. 42 (15)
Torben Wilke:	S. 36 (1b), S. 37-38 (3a-c u. 4a-b), S. 39 (6 u. 8), S. 41 (12), S. 43 (18 u. 19), S. 45, S. 47 (30), S. 57 (Sequenz 2), S. 58 (Sequenz 1, Sequenz 2 und u. Se- quenz 1), S. 59 (u. Sequenz 2), S. 60 (Sequenz 4, o. und u. Sequenz 1, S. 61 (Sequenz 1 und 3), S. 63, S. 70, S. 75, S. 83 (2. von u.), S. 92, S. 104, S. 121, S. 132, S. 139-140, S. 145, S. 154-155, S. 159, S. 168, S. 171-174, S. 181, S. 183-184, S. 191, S. 203-210
WWU Münster:	S. 4, 222 (li.)

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.

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/miteinander).

Band 2: Primarbereich

Das Spiralcurriculum *Kräfte und Gleichgewicht* ist gegliedert in drei Unterrichtseinheiten für die Klassenstufen 2/3 (acht Einzel- bzw. Doppelstunden) und vier Unterrichtseinheiten für die Klassenstufen 3/4 (zwölf Einzel- bzw. Doppelstunden).

In den Klassenstufen 2/3 geht es um den Themenbereich „Stabilität und Gleichgewicht“. Die Schülerinnen und Schüler finden heraus, was Türme stabil macht, machen erste Entdeckungen zum Hebelgesetz an selbst konstruierten Mobilien und bringen balancierende Figuren ins Gleichgewicht.

Der Unterricht für die Klassenstufen 3/4 umfasst zwei aufeinander aufbauende Themenbereiche, „Kräfte und ihre Wirkungen“ sowie „Kraft sparen durch einfache Maschinen“. Zunächst lernen die Schülerinnen und Schüler Reibung als bremsende Kraft kennen, vollziehen die Entwicklung des Rads nach und bauen reibungsarme Fahrzeuge. Anschließend erfahren sie, wie man mit einfachen Vorrichtungen Kraft sparen kann – mit schiefen Ebenen, Hebeln und Zahnrädern. Dabei kommen sie der Goldenen Regel der Mechanik auf die Spur: Was man an Kraft spart, muss man an Weg zusetzen.

Das Handbuch enthält u. a. detaillierte Unterrichtsplanungen und Versuchsbeschreibungen. Ein Anlagenband umfasst Kopiervorlagen und sprachunterstützende Materialien.

In den auf den Unterricht abgestimmten Materialkisten befinden sich Experimentiermaterialien für 32 Schülerinnen und Schüler.

Die Materialkisten können separat für den Unterricht in den Klassenstufen 2/3 und 3/4 erworben werden.

Autorinnen und Autoren: Kornelia Möller, Mareike Bohrmann, Hans-Peter Wyssen, Anna Klein, Torben Wilke



Dr. Mareike Bohrmann
ist Lehrerin an einer Grundschule im Kreis Steinfurt (Nordrhein-Westfalen).



Hans-Peter Wyssen
ist Redaktionsleiter der schweizerischen Fachzeitschrift „4 bis 8“ (Kindergarten und Unterstufe).



Anna Klein
ist Mitarbeiterin am Institut für Didaktik des Sachunterrichts an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.



Torben Wilke
ist Werkstattmeister am Institut für Didaktik des Sachunterrichts an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.