



BAND 46

Mechanik

SEHEN | HÖREN | MITMACHEN

Mechanik

Wissen

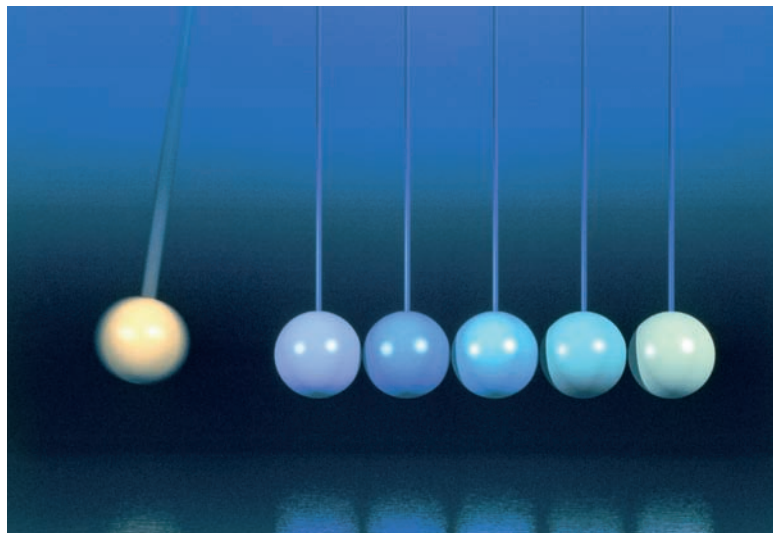
TESSLOFF



Ein  Buch

Mechanik

Von Dr. Karl Pichol
Illustrationen von Burkhard Schulz



Die Energie der pendelnden Kugel wird durch die anderen Kugeln jeweils bis auf die letzte Kugel übertragen.

TESSLOFF

Vorwort

Unser Alltag ist durch eine Vielzahl von Maschinen, aber auch durch Bauwerke wie Straßen, Häuser, Kanäle oder Brücken geprägt. Eine Voraussetzung für die Konstruktion der Maschinen und Bauwerke ist die Beherrschung der Mechanik. Mit ihrer Hilfe bestimmen Konstrukteure, welche Kräfte an Bauwerken auftreten und welche Kräfte und Bewegungen Maschinen ausüben können. Die Mechanik ist folglich keine trockene Wissenschaft, wie man oft meint. Sie kann vielmehr eine nützliche Hilfe in unserem Alltag sein. Auch ein Laie kann schon mithilfe grundlegender mechanischer Kenntnisse die Funktionsweisen einfacher Geräte und Werkzeuge, wie Messer oder Nussknacker, oder von Maschinen, wie etwa einem U-Boot, begreifen. Selbst die Laufwerke von Computern wurden auf der Basis mechanischer Kenntnisse entwickelt.

Die mechanischen Bauteile sind heute bei komplexen Maschinen meistens in Maschinenhäusen verborgen. Das war nicht immer so. Früher

konstruierten die Menschen oft selbst ihre Maschinen; deshalb war den Menschen damals die Mechanik oft vertrauter. Sie hatten rein mechanisch funktionierende, das heißt mit dem Wissen aus der Mechanik beschreibbare Maschinen.

Die heute oft kompliziert erscheinenden Maschinen beruhen im Grunde auf wenigen einfachen Elementen, deren mechanische Wirkungsweise leicht zu begreifen ist. Vor allem solche einfachen Elemente, die sogenannten kraftverändernden Elemente, sollen in dem vorliegenden Band dem Leser nähergebracht werden. Ihre Wirkung bei der Aufnahme und Weiterleitung von Kräften und Bewegungen verdeutlicht ihre Bedeutung in Maschinen. Kräfte spielen auch beim Einsatz von Flüssigkeiten und Gasen eine Rolle. Deshalb werden einfache mechanische Sachverhalte auch an diesen erklärt. Einführend sollen grundlegende Begriffe wie Kraft, Bewegung und Energie erläutert werden, die für das Verständnis der einfachen mechanischen Elemente erforderlich sind.



Mix

Produktgruppe aus vorbildlich
bewirtschafteten Wäldern, kontrollierten
Herkünften und Recyclingholz oder -fasern
www.fsc.org Zert.-Nr. SGS-COC-004980
© 1996 Forest Stewardship Council



BAND 46

Das für diese Produktion verwendete Inhaltspapier
Arctic matt liefert Gryxbo, Schweden.

Die Schreibweise entspricht den Regeln der neuen Rechtschreibung.

BILDQUELENNACHWEIS:

Airbus, Hamburg: S. 450; AKG, Berlin: S. 60r, 8mr; Archiv Tessloff Verlag, Nürnberg: S. 8ml, 15ul, 190r, 22u, 24u, 29, 32ur, 34 (3), 420; BARIGO Barometerfabrik GmbH, Villingen-Schwenningen: S. 38m; Bilderberg, Hamburg: S. 17ml, 310r; Braun GmbH, Kronberg: S. 400r; Corbis, Düsseldorf: S. 1, 50l, 6u (3), 7m, 8o, 9, 11m, 12ur, 120r, 130l, 170r, 20mr (Block), 210r, 21ur, 220r, 230 (2), 24 (Rolle), 28o, 310l, 320l, 32mr, 33, 34 (Kanne), 360l, 370 (2), 38o, 40ur, 41ml, 440 (2), 45u, 46ul; DaimlerChrysler AG, Deutschland: S. 150l, 30ur; Deutsche Bahn AG, Berlin: S. 19u; Habermas GmbH, Bad Rodach: S. 260l; Heinz Kettler GmbH & Co. KG, Ense-Parsit: S. 23ur; Keystone Pressedienst, Hamburg: S. 39r; Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG: S. 47o; Mauritius, Mittenwald: S. 10u, 12ml, 14, 170l, 27, 30m, 37u; mpi photoservice, Stuttgart: S. 22ml; Picture-Alliance, Frankfurt: S. 5ur, 6 (Hintergrund), 120l, 130r, 13ur, 18 (4), 19ur, 20ul, 21m (2), 25, 28u, 31ml, 350r, 36ul, 360r, 43, 44u, 44m, 460r; Science Photo Library/Agentur Focus, Hamburg: S. 5ul, 5mr, 7o, 10mr, 11u, 11o, 150r, 15ur, 19 (Watt), 20mr (rund), 26ur, 28mr, 35l (2), 36 (Pascal), 41u, 41o, 42m, 46mr; ullstein bild, Berlin: S. 4 (4), 7u, 8u, 17mr, 200r, 20ur, 22 (Fahrrad), 42u, 47u, 48; Volkswagen AG, Wolfsburg: S. 19ml (Auto); Warema Renkhoff Holding AG, Marktheidenfeld: S. 300r

UMSCHLAGFOTOS: Corbis Images: o. A. (Rolle; Buchrücken); Mauritius Images: D. Ball (Achterbahn); Shutterstock Images LLC: Elenamiv (Hintergr.), corepics (Kran), Y. Samsonov (Zahnräder), R. Grazias (Riesenrad)

UMSCHLAGGESTALTUNG: Matthias Reinhard Grafik-Design

ILLUSTRATIONEN: Burkhard Schulz; **GESTALTUNG:** Antje Ickler, Berlin

FACHBERATUNG: Martin Radke, Bremen

Copyright © 2010, 2006 TESSLOFF VERLAG, Burgschmietstraße 2–4, 90419 Nürnberg

www.tessloff.com • www.wasistwas.de

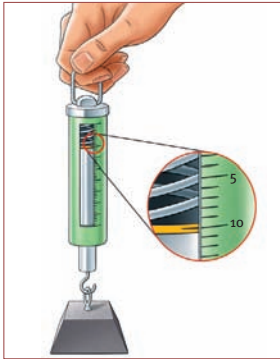
Die Verbreitung dieses Buches oder von Teilen daraus durch Film, Funk oder Fernsehen, der Nachdruck, die fotomechanische Wiedergabe sowie die Einspeicherung in elektronische Systeme sind nur mit Genehmigung des Tessloff Verlages gestattet.

ISBN: 978-3-7886-2860-4

Inhalt

Die Welt der Mechanik

Grundlagen der Mechanik



Was sind Arbeitsweisen der Mechanik?
 Was ist Kraft in der Mechanik?
Grundgesetz der Mechanik
 Was ist die Schwerkraft?

Darstellung und Messung von Kräften

Wann sind Kräfte im Gleichgewicht?
 Was ist der Schwerpunkt?
 Was ist Bewegung?
 Was ist Geschwindigkeit?

Geschwindigkeiten in Natur und Technik

Arbeit, Energie und Leistung

Was ist mechanische Arbeit?
 Wie wird die Arbeit berechnet?
James Prescott Joule
 Was ist Energie?

Mechanische Energie in Natur und Technik

Was bedeutet Energieerhaltung?
 Was ist mechanische Leistung?

Reibung

Kraftverändernde Elemente



Welche Kräfte übertragen Seil und Stab?
 Was ist eine feste Rolle?
 Wozu nutzt man lose Rollen?

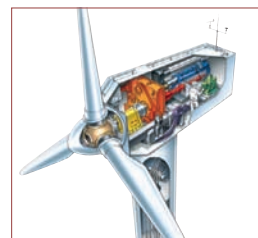
Was ist ein Flaschenzug?

4	Spart ein Flaschenzug Arbeit ein?	26
	Was ist ein Hebel?	27
	Was ist das Hebelgesetz?	28
	Wie findet man Hebellängen?	29
6	Was ist eine Welle?	30
	Was ist eine schiefe Ebene?	31
7	Was bewirken Keile?	32
7	Warum ist eine Schraube auch eine schiefe Ebene?	33
8	Mechanik der Flüssigkeiten und Gase	



Was sind die Aggregatzustände? **34**
 Was ist die Dichte? **35**
Dichte verschiedener Stoffe

9		
10		
11		
12	Was ist Druck?	36
13	Wie verteilt sich Druck in Flüssigkeiten und Gasen?	37
13	Was sind hydrostatischer und atmosphärischer Druck?	38
14	Experiment zum Luftdruck	38
15	Wie funktioniert die hydraulische Hebebühne?	39
15	Was sind kommunizierende Gefäße?	40
16	Warum lässt sich in Gasen leicht Druck erzeugen?	40
17	Was ist ein Vakuum?	41
18	Evangelista Torricelli	41
20	Was ist statischer Auftrieb?	42
	Wann schwimmt ein Körper?	43
	Warum steigt ein Heißluftballon auf?	44
	Warum fliegen Flugzeuge?	45



Antriebe und Energiewandlung **46**
Index **48**

22		
23		
24		
25		

DIE WELT DER MECHANIK

Im Alltag versteht man unter Mechanik

WAS IST MECHANIK?

meist eine Zusammenstellung von Bauteilen in Maschinen, die sich bewegen, wie Räder oder Hebel. Wenn an der Mechanik eines CD-Players oder eines elektrischen Garagentors etwas defekt ist, muss es sich um den Teil des Geräts handeln, bei dem Bewegungen ablaufen. Maschinen wie Mixer, Bohrmaschinen, Schiffe, Flugzeuge, Wasser- und Windräder

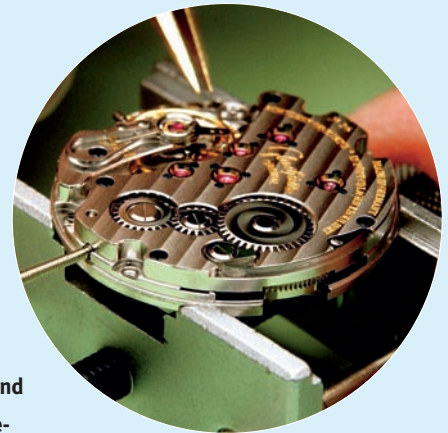


Am Fahrrad finden sich mechanische Bauteile wie Räder, Hebel oder Kette.

oder Autos funktionieren mechanisch. Sie bewegen sich selbst oder Teile von ihnen bewegen sich. Die Mechanik ist aber auch ein Teil-

gebiet der Physik. Man versteht da-

runter die Lehre von den Bewegungen und Kräften der festen, flüssigen und gasförmigen Körper. Mithilfe von Untersuchungen werden mechanische Gesetzmäßigkeiten aufgestellt. Diese ermöglichen es uns, die Größe von Kräften und Bewegungen, auch in anderen als den bereits untersuchten Fällen, theoretisch zu bestimmen. Das erleichtert zum Beispiel das Errichten von Bauwerken. Im Unterschied zum alltäglichen Sprachgebrauch sind auch Dinge, die sich nicht bewegen, wie Gebäude oder Brücken, Gegenstand mechanischer Betrachtungen, weil Kräfte, etwa von Wind und Schnee, auf sie einwirken. Mithilfe der Mechanik finden wir auch Erklärungen für das Verhalten von Körpern, zum Beispiel für den Fall eines Apfels vom Baum, das Fließen von Wasser oder das Entweichen von Luft aus einem defekten Reifen. Selbst die Bewegung von Planeten lässt sich nach den Gesetzen der Mechanik vorhersagen.



Mechanisches Räderwerk einer Uhr: Dort finden sich mechanische Bauteile wie Feder, Hemmung oder Zahnräder.

Wir wenden täglich Mechanik an, auch ohne ihre Gesetze

MECHANIK IM ALLTAG

zu kennen. Sogar unser Bewegungsapparat funktioniert im Grunde mechanisch: Wenn du aufstehst, läufst oder etwas trägst, hat das mit Mechanik zu tun. Denn dabei findet Bewegung statt und es werden Kräfte benötigt. Aus Erfahrung machen wir vieles „mechanisch“ richtig.

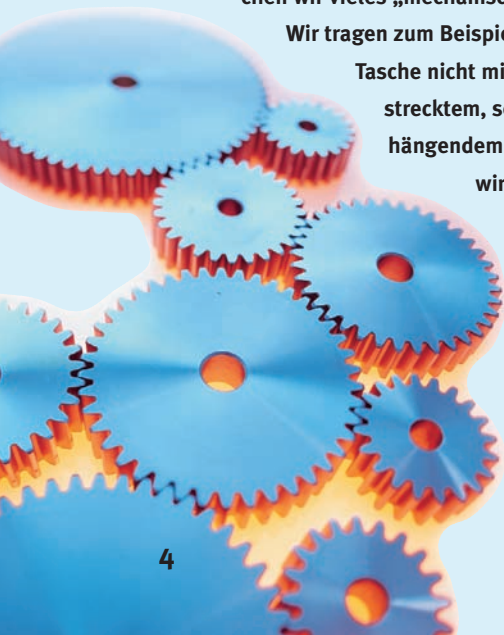
Wir tragen zum Beispiel eine

Tasche nicht mit ausgestrecktem, sondern mit hängendem Arm, weil wir so Kraft sparen. Viele

Dinge sind nach den Regeln der Mechanik so gebaut, dass wir sie, mechanisch gesehen, nur günstig anwenden können. So ist zum Beispiel ein Türgriff weit weg von der Türaufhängung angebracht, weil wir dadurch zum Öffnen weniger Kraft benötigen, als wenn der Griff nahe an der Aufhängung wäre. Früher glaubte man, alle Gegenstände und ihr Zusammenspiel auf der Welt seien Mechanik. Manche Leute hofften sogar, Gedanken und Gefühle eines Tages „mechanisch“ erklären zu können.



Eine Mechanikerin kontrolliert mechanische Bauteile im Auto.





Die Aeromechanik untersucht, wie Gase sich verhalten, etwa Luft in einem Ballon.

WOHER KOMMT DER BEGRIFF „MECHANIK“?

Der Begriff „Mechanik“ kommt aus der griechischen Sprache. Im antiken Griechenland bedeutete das Wort „mechanik“ so viel wie die Kunst, Maschinen zu erfinden und zu bauen. Damals verstand man darunter vor allem Werkzeuge und Kriegsmaschinen. Es zählten aber auch alle künstlich hergestellten Hilfsmittel dazu, etwa Waagen, Schöpfwerke für Wasser oder Bohrvorrichtungen. Die Griechen glaubten, die Mechanik arbeite gegen die Natur. Denn mithilfe der Mechanik waren Dinge möglich, die sonst unmöglich erschienen. So schwebte im Theater ein Schauspieler, der einen Gott darstellte, vom Himmel auf die Bühne – der sogenannte Deus ex Machina, der Gott aus der Maschine. Solche unglaublichen Dinge mit der Mechanik bewerkstelligen zu können, war für die Griechen die Kunst, die Natur zu überlisten. Mechanik war das Wissen, Wirkungen und Bewegungen zu erschaffen, die die Griechen in der Natur nicht vorzufinden glaubten.

In der Physik unterscheidet man unter an-

WOMIT BESCHÄFTIGT SICH DIE MECHANIK?

derem die Mechanik der festen Körper, der Flüssigkeiten und Gase. Bei der Untersuchung von Gasen wie der Luft lässt sich mithilfe der Aeromechanik zum Beispiel erklären, warum ein Heißluftballon sich erhebt oder eine Windmühle sich dreht. Die Untersuchung von Flüssigkeiten gehört in das Gebiet der Hydromechanik. Sie ermittelt zum Beispiel das Verhalten von Wasser in Springbrunnen und Turbinen oder von Öl in Pipelines. Feste Körper, die ihre Form praktisch nicht ändern, wenn Kräfte auf sie einwirken, heißen starre Körper. Als starren Körper kann man zum Beispiel einen Kran mit einer Last, ein Auto, eine Schiffschaukel oder den Mond ansehen. Bei der Untersuchung solcher Körper interessieren



Die Hydromechanik untersucht das Verhalten von Flüssigkeiten, zum Beispiel von Öl in einer Pipeline.

die Physiker ganz verschiedene Fragen, die sie unterschiedlichen Gebieten der Mechanik zuordnen. Einige Beispiele: Wenn zwei Kinder an einem Spielzeug zerran, interessiert den Physiker dabei, wie sich die Kräfte zusammensetzen, die auf das Spielzeug wirken. Er will hauptsächlich wissen, wann sie im Gleichgewicht sind. Das Gleichgewicht von Kräften wird vor allem in der Statik untersucht. Eine Schiffschaukel bewegt sich mal schneller, mal langsamer. Der Mond dagegen bewegt sich ziemlich gleichmäßig um die Erde. Mit der Bewegung von Körpern beschäftigt sich die Kinematik. Eine Rakete wird durch einen Antrieb in Gang gesetzt. Du bringst mit Kraft einen Ball in Schwung. Welche Bewegungen durch Kräfte hervorgerufen werden, untersucht die Dynamik.



Bei der Konstruktion von Brücken helfen Kenntnisse aus der Statik.



Die Bewegungskräfte des Windes werden mithilfe der Dynamik ermittelt.

Grundlagen der Mechanik

Wie jede Wissenschaft wendet die Mechanik besondere Arbeitsweisen an. Früher waren die mechanischen Kenntnisse noch nicht so weit entwickelt wie heute. Die Gesetze der Statik beispielsweise waren noch nicht ausreichend bekannt; daher testete man mechanisches Verhalten oft an Modellen. Im Mittelalter fertigte man oft erst Modelle von neuen Gebäuden an und übertrug die dabei gesammelten Werte und Erkenntnisse auf die Bauwerke. Ein schon fertiges Bauwerk zu testen, war viel zu teuer und zu gefährlich. Dennoch kam es vor, dass das Modell, aber nicht der wirkliche Bau standhielt.

Eine Weiterentwicklung der Mechanik brachten Versuche, mit denen man gezielt nach Gesetzmäßigkeiten suchen konnte. Die Baumeister im

Mittelalter untersuchten oft selbst viele immer wieder vorkommende Fälle. Die Daten darüber wurden gesammelt und ausgewertet. So fand man zum Beispiel heraus, unter welchen Bedingungen ein Tragbalken hält. Die Versuchsergebnisse fasste man in mathematischen Formeln zusammen, sodass keine weiteren Versuche durchgeführt werden mussten.

Modellbau, Versuche und mathematische Beschreibungen sind wesentliche Arbeitsweisen in der Mechanik. Erst sie machten es möglich, genaue Größen von Kräften und Bewegungen im Voraus anzugeben. So können heute mithilfe der Mechanik viele natürliche Erscheinungen vorausgesagt werden, etwa die Bewegung des Mondes oder der Zeitpunkt einer Sonnenfinsternis, aber auch die Flugbahn einer Rakete. Die Entwicklung von Formeln in der Mechanik hat sogar ganze Zweige der Mathematik hervorgebracht.

GRUNDGESETZE

Wichtige Grundgesetze der Mechanik wurden von dem italienischen Wissenschaftler Galileo Galilei (1564–1642) und dem Engländer Isaac Newton (1643–1727, unten) entwickelt. Galilei begründete



die klassische Mechanik und entdeckte zum Beispiel die Gesetze des freien Falls. Newton beschrieb die universelle Gravitation und stellte mit den Newton'schen Gesetzen grundlegende Gesetze der Mechanik auf, die wesentliche Zusammenhänge zwischen Kräften, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen beschreiben. Einen Teil dieser Erkenntnisse hatte Galilei bereits vorweggenommen.



Zeichnung einer Kirche von Leonardo da Vinci



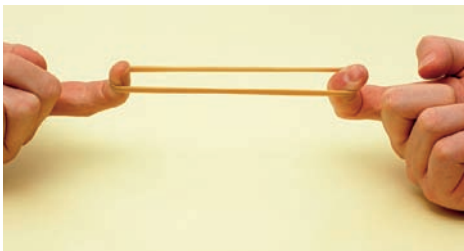
Vor der Errichtung großer Kathedralen wie des Kölner Doms baute man oft erst Modelle.



Heute konstruieren Architekten Gebäude mit Computerprogrammen.

FESTE KÖRPER

können nicht nur als starre Körper betrachtet werden. Alle Körper sind zumindest auch ein wenig elastisch. Elastische Körper verformen sich unter Krafteinwirkung und nehmen ihre ursprüngliche Form wieder an, wenn die Kraft wegfällt. Wenn auf einen Körper Kräfte wirken, verändert er seine Form, oft allerdings nur unmerklich. Theoretisch verbiegt der Spatz auf der Dachrinne diese, auch wenn wir das nicht erkennen. Streng genommen gibt es nur elastische oder nur plastische (dauerhaft verformbare) Körper ebenso wenig. Feste Körper sind sowohl elastisch als auch plastisch, aber unterschiedlich stark. Ein Gummiband etwa ist elastisch, kann sich aber auch dauerhaft verformen – es kann „ausleiern“.



In der Mechanik werden vor allem Kräfte, die von Körpern hervorgerufen werden, und ihre Wirkungen untersucht. Im Alltag wird der Begriff „Kraft“ allerdings etwas anders verwendet als in der Mechanik. So sagen wir zum Beispiel oft, dass jemand „viel Kraft“ hat. In der Physik spricht man dagegen nur von Kraft, wenn mindestens ein Körper auf einen anderen ein-

wirkt.

Ein Pantomime kann den Eindruck erwecken, dass er ein großes Gewicht hebt. In Wirklichkeit hebt er aber nichts. Durch bloßes Hinsehen können wir also nicht erkennen, ob und wie viel Kraft jemand aufbringt.

Die Kraft selbst kann man nicht sehen. Wir sehen aber, was die Kraft bewirkt. Bei einem verbeulten Auto etwa können wir schließen, dass Kräfte gewirkt haben müssen. Denn das Verformen von Körpern kann ohne Kräfte nicht geschehen. Daraus folgt also: Wir schließen auf Kräfte aus den Wirkungen, die sie hinterlassen.



Kräfte bewirken eine Bewegungsänderung von Körpern.

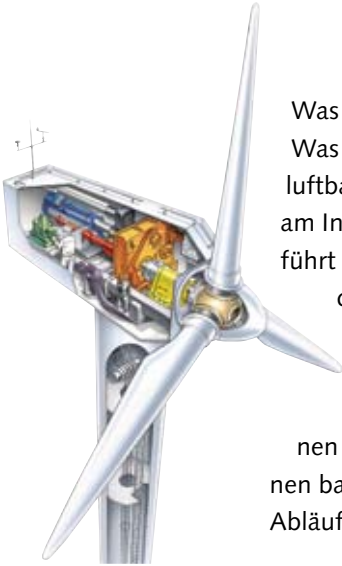


In Crashtests wird untersucht, wie Kräfte Autos verformen und wie sie auf die Insassen wirken.

GRUNDGESETZ DER MECHANIK

Eine der wichtigsten Formeln der Mechanik beschreibt, was wir unter Kraft verstehen. Sie wurde von dem englischen Physiker Sir Isaac Newton aufgestellt. Die Formel besagt, dass die Größe einer Kraft daran zu erkennen ist, wie stark sie einen Gegenstand beschleunigen kann. Mathematisch ausgedrückt heißt das: Die Kraft (F) ist das Ergebnis aus der Multiplikation der Masse (m) mit der Beschleunigung (a) der Masse: $F = m \cdot a$. Ihre Einheit ist N (Newton). Man kann mit dieser Formel vor allem untersuchen, welche Bewegungen durch Kräfte hervorgerufen werden.

Eine wichtige Wirkung von Kräften ist, dass sie die Bewegung von Körpern verändern können. Körper können durch Kräfte beschleunigt werden. Beim Kugelstoßen zum Beispiel muss man viel Kraft aufbringen, um die ruhende Kugel in Bewegung zu versetzen. Aber auch das Abbremsen von Körpern bewirkt eine Veränderung der Bewegung eines Körpers. Um dein Fahrrad anzuhalten, musst du kräftig die Bremsen betätigen.



Was bedeutet Schwerkraft? Wie funktioniert ein Flaschenzug? Was sind kommunizierende Gefäße? Und warum steigt ein Heißluftballon auf? Der Autor Dr. Karl Pichol, viele Jahre Mitarbeiter am Institut für Technik und Didaktik der Universität Münster, führt den Leser in diesem **WAS IST WAS-Band** fachkundig durch die spannende Welt der Mechanik. Die Mechanik ist das älteste Teilgebiet der Physik. Schon im Altertum beschäftigten sich griechische Mathematiker und Philosophen wie etwa Archimedes mit mechanischen Abläufen und Gesetzmäßigkeiten. Heute beruht ein Großteil unserer modernen Technik auf angewandten mechanischen Kenntnissen. Viele komplexe Maschinen basieren auf wenigen einfachen mechanischen Elementen. Und mechanische Abläufe und Einrichtungen begegnen uns in unserem Alltag häufiger, als wir denken.



Dr. Karl Pichol

In dieser Reihe bereits erschienen:

- | | | | | |
|------------------------------------|---|---|---|--|
| Band 1 Unsere Erde | Band 33 Pilze | Band 62 Die Germanen | Band 94 Samurai | Band 124 Bergbau |
| Band 2 Der Mensch | Band 34 Wüsten | Band 63 Fotografie | Band 95 Haie und Rochen | Band 125 Klima |
| Band 3 Energie | Band 35 Erfindungen | Band 64 Die alten Griechen | Band 96 Schatzsuche | Band 126 Deutschland |
| Band 4 Chemie | Band 36 Polargebiete | Band 65 Eiszeiten | Band 97 Zauberer, Hexen und Magie | Band 127 Ernährung |
| Band 5 Entdecker und ihre Reisen | Band 37 Computer und Roboter | Band 66 Geschichte der Medizin | Band 98 Kriminalistik | Band 128 Hamster, Biber und andere Nagetiere |
| Band 6 Die Sterne | Band 38 Säugetiere der Vorzeit | Band 67 Die Völkerwanderung | Band 99 Sternbilder und Sternzeichen | Band 129 Lkw, Bagger und Traktoren |
| Band 7 Das Wetter | Band 39 Magnetismus | Band 68 Natur | Band 100 Multimedia und virtuelle Welten | |
| Band 8 Das Mikroskop | Band 40 Vögel | Band 69 Fossilien | Band 101 Geklärt und ungeklärte Phänomene | |
| Band 9 Der Urmensch | Band 41 Fische | Band 70 Das alte Ägypten | Band 102 Unser Kosmos | |
| Band 10 Fliegerei und Luftfahrt | Band 42 Indianer | Band 71 Piraten | Band 104 Wölfe | |
| Band 11 Hunde | Band 43 Schmetterlinge | Band 72 Heimtiere | Band 105 Weltreligionen | |
| Band 12 Mathematik | Band 44 Die Bibel. | Band 73 Spinnen | Band 106 Burgen | |
| Band 13 Wilde Tiere | Band 45 Mineralien und Gesteine | Band 74 Naturkatastrophen | Band 107 Pinguine | |
| Band 14 Versunkene Städte | Band 46 Mechanik | Band 75 Fahnen und Flaggen | Band 108 Das Gehirn | |
| Band 15 Dinosaurier | Band 47 Elektronik | Band 76 Die Sonne | Band 109 Das alte China | |
| Band 16 Planeten und Raumfahrt | Band 48 Luft und Wasser | Band 78 Geld | Band 110 Tiere im Zoo | |
| Band 17 Licht und Farbe | Band 49 Sport | Band 79 Moderne Physik | Band 112 Fernsehen | |
| Band 18 Der Wilde Westen | Band 50 Der menschliche Körper | Band 80 Tiere – wie sie sehen, hören und fühlen | Band 113 Europa | |
| Band 19 Bienen, Wespen und Ameisen | Band 51 Muscheln, Schnecken, Tintenfische | Band 81 Die sieben Weltwunder | Band 114 Feuerwehr | |
| Band 20 Reptilien und Amphibien | Band 52 Briefmarken | Band 82 Gladiatoren | Band 115 Bären | |
| Band 21 Der Mond | Band 53 Das Auto | Band 83 Höhlen | Band 116 Musikinstrumente | |
| Band 23 Architektur | Band 54 Die Eisenbahn | Band 84 Mumien aus aller Welt | Band 117 Bauernhof | |
| Band 24 Elektrizität | Band 55 Das alte Rom | Band 85 Wale und Delfine | Band 118 Mittelalter | |
| Band 25 Schiffe | Band 56 Ausgestorbene und bedrohte Tiere | Band 87 Türme und Wolkenkratzer | Band 119 Gebirge | |
| Band 27 Pferde | Band 57 Vulkane | Band 88 Ritter | Band 120 Polizei | |
| Band 28 Akustik | Band 58 Die Wikinger | Band 89 Menschenaffen | Band 121 Schlangen | |
| Band 29 Wissenschaften | Band 59 Katzen | Band 90 Der Regenwald | Band 122 Bionik | |
| Band 30 Insekten | Band 60 Die Kreuzzüge | Band 91 Brücken und Tunnel | Band 123 Päpste | |
| Band 31 Bäume | Band 61 Pyramiden | Band 92 Papageien und Sittiche | | |
| Band 32 Meereskunde | | Band 93 Die Olympischen Spiele | | |

ISBN 978-3-7886-2860-4



www.tessloff.com
www.wasistwas.de

