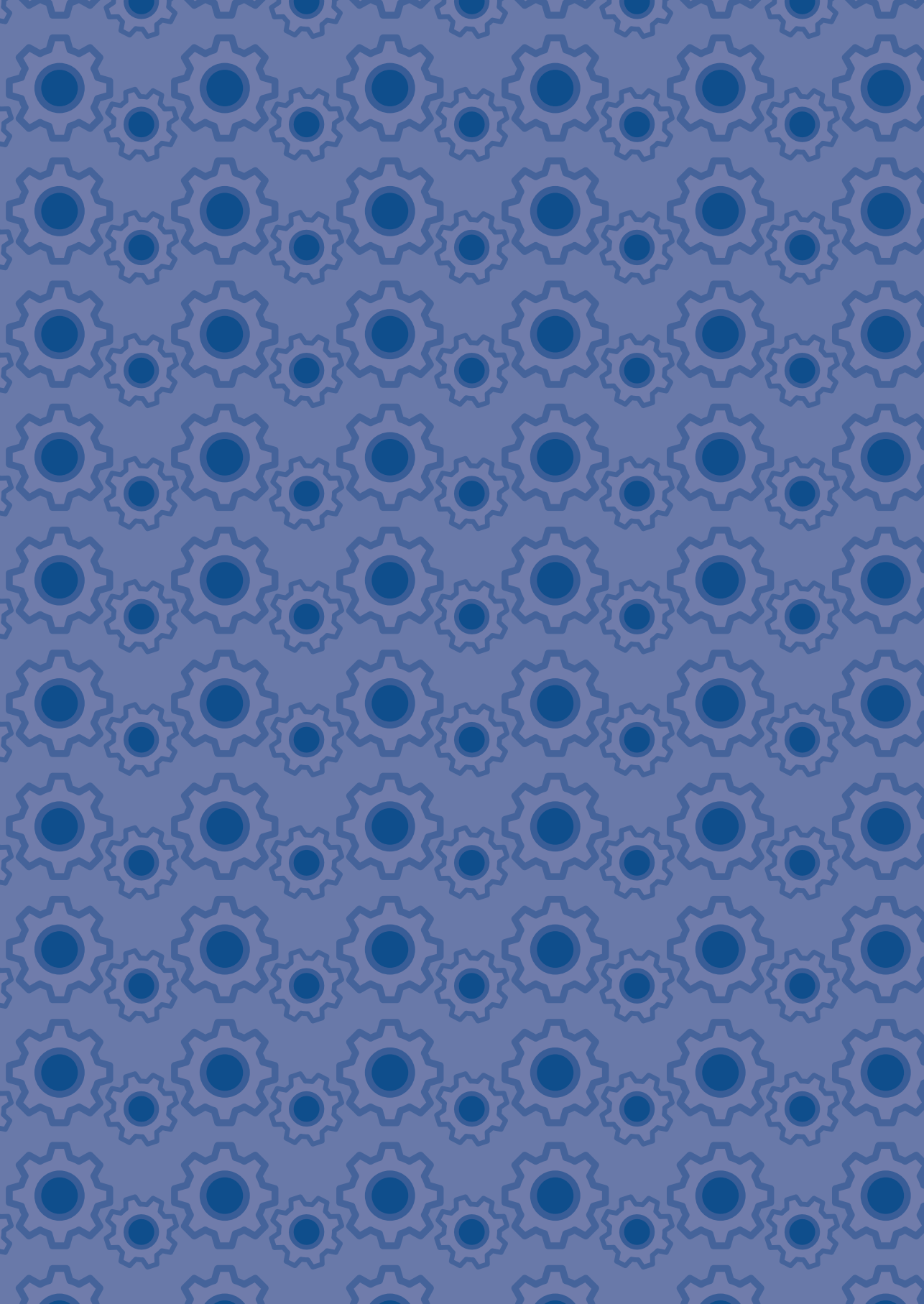


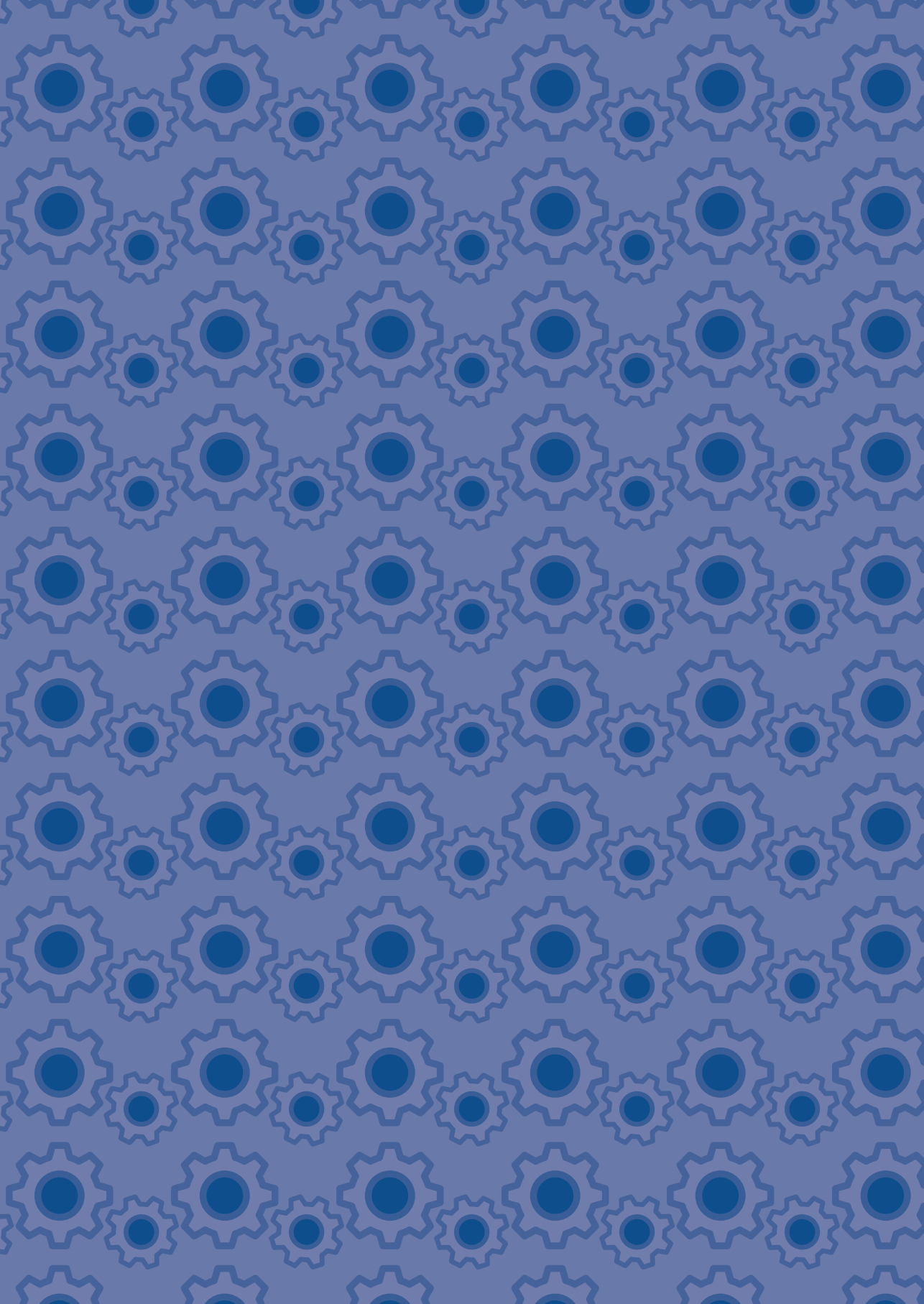
Bernd Hill · Cornelius Schilling · Hartmut Witte

BIONIK

Roboter und Prothesen







Bernd Hill · Cornelius Schilling · Hartmut Witte

BIONIK

Roboter und Prothesen

Knabe Verlag Weimar

1

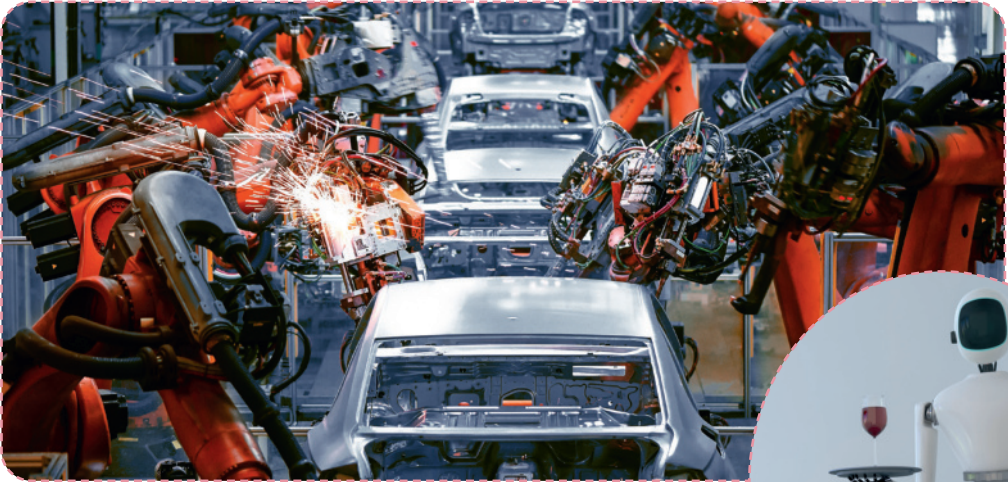
EINLEITUNG

Roboter überall

In der Wohnung ist kein Mensch zu sehen. Trotzdem wird in den Zimmern gesaugt oder nass gewischt. Was einst ein Traum war, ist heute zur Wirklichkeit geworden: Roboter als unermüdliche Helfer bei verschiedenen Tätigkeiten. Jeder von uns hat bestimmt schon einmal mit ihnen Kontakt gehabt oder sie sogar selbst in Gang gesetzt: Staubsauger-, Rasenmäh- und Fensterputzroboter sind mittlerweile Teil unseres Alltags.

Doch darin erschöpft sich bei Weitem noch nicht der Einsatzbereich von Robotern. So gibt es auch Roboter in der Kinderbetreuung und Altenpflege. Letztere helfen älteren Menschen und Menschen mit Behinderung bei der Bewältigung von Alltagsaufgaben. Im Notfall können sie Hilfe herbeirufen.





Es gibt auch Serviceroboter, die Dienstleistungen erbringen, andere sind im Umweltschutz hilfreich und wieder andere können im medizinischen Bereich Operationen durchführen oder als Astronauten im Weltraum wichtige Arbeiten übernehmen.

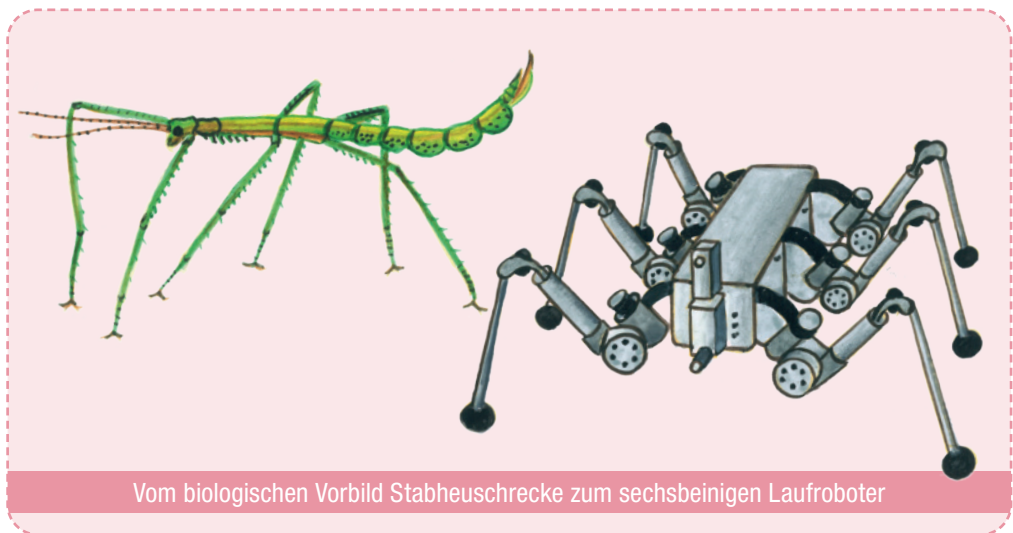
Aber damit noch nicht genug. Da gibt es noch Industrieroboter, die beispielsweise bei der Produktion von Autos oder Haushaltsgeräten eingesetzt werden. Sie sind im Dauereinsatz tätig und erledigen die unterschiedlichsten Aufgaben wie Transportieren, Schweißen und Prüfen. Dabei nehmen sie den Menschen auch gefährliche Arbeiten ab.

Neuerdings gibt es auch Ernteroboter. Sie haben Greiforgane, die speziell mit Kameras und äußerst empfindlichen Sensoren ausgestattet sind. Damit erkennen sie nicht nur die Position der Früchte am Baum, sondern können auch deren Reifegrad feststellen. So lässt dieser Roboter nicht nur die unreifen, sondern auch die überreifen Früchte einfach hängen. Die geernteten Früchte können also direkt weiterverarbeitet werden, ohne noch einmal sortiert werden zu müssen.

Dann gibt es noch Meeresroboter, Kanalreinigungsroboter und Roboter, die bei gefährlicher radioaktiver Strahlung zugange sind, sowie solche, die bei Erdbeben verschüttete Menschen ausfindig machen. Letztere können außerdem zur Erforschung von Planeten eingesetzt werden. Dort müssen sie durch unbekanntes, zerklüftetes Gelände manövrieren. Diese Laufroboter sollen

sich sicher bewegen und dürfen auch beim Überwinden von Hindernissen nicht umfallen. Wissenschaftler und Ingenieure haben daher einen sechsbeinigen, also hexapoden (Lateinisch: *hexa* = sechs, *pes* = Fuß) Laufroboter entwickelt und gebaut. Beim Laufen berühren jeweils drei der insgesamt sechs Beine den Boden. Dabei bewegen sich drei Beine immer einen Schritt vorwärts, beispielsweise zwei Beine rechts und eins links. Die anderen drei Beine bleiben auf dem Boden und bilden ein stabiles Dreieck. So kann der Roboter kaum umkippen. Diese Laufbewegung wird »Tripod-Gang« genannt und wurde von der Natur abgeschaut.

Das biologische Vorbild für diesen Laufroboter könnt ihr sicherlich erraten. Bei einem Besuch im Zoo lässt es sich aufspüren. Will man es dort jedoch in der Schauvitrine ausfindig machen, sind auf den ersten Blick nur Äste, Blätter und dünne Zweige zu entdecken.



Dieses Tier ist nämlich ein Meister der perfekten Tarnung. Sein Körper ähnelt einem Zweig, von dem links und rechts wiederum sechs dünnere Zweige abgehen. Es ist erst zu entdecken, wenn es sich bewegt. Habt ihr das Tier erraten? Richtig, es ist die Stabheuschrecke *Carausius morosus*, ein Insekt mit sechs Beinen. So ist es eine Tatsache, dass selbst unscheinbare Insekten sicherer, flinker und geschickter als Maschinen sind und oft sogar Geröll, zerklüftetes Gelände und andere Hindernisse mit Leichtigkeit überwinden können.

Roboterentwickler suchen immer häufiger ihre Vorbilder in der lebenden Natur. Sie lernen von den Bewegungsmöglichkeiten, die sie ihnen in ihrer unerschöpflichen Fülle und Vielfalt bietet. Dieses Lernen von der Natur in der Technik, zu der natürlich auch die Robotik gehört, wird als Bionik bezeichnet.

Bionik ist eine Wissenschaft, die Technik nach dem Vorbild der Natur entwickelt. Daher untersuchen Wissenschaftler, also Bioniker, wie Pflanzen, Tiere und Menschen aufgebaut sind und wie deren Körper funktionieren. Sie lernen von Lebewesen und übertragen die gewonnenen Erkenntnisse beispielsweise auf Maschinen, Roboter und Prothesen.

Roboter sind heute in allen Lebensbereichen des Menschen zu finden. Sie sind gar nicht mehr wegzudenken und erledigen viele Aufgaben und Tätigkeiten schneller, billiger und auch viel genauer als wir. Dabei sind die Roboter vom Menschen auf ganz bestimmte Tätigkeiten programmiert. Über die Programmierung hinaus können sie nicht handeln. Deshalb verfügen sie bisher nur begrenzt über menschliche Fähigkeiten.

Um menschliche Fähigkeiten wiederherzustellen, wenn diese durch beispielsweise einen Unfall verloren gegangen sind, nutzen wir Prothesen. So können Gliedmaßen ersetzt werden und betroffene Personen wieder greifen, laufen oder klettern. Auch bei Prothesen setzen Entwickler auf die lebende Natur und betreiben Naturstudien. Dabei untersuchen sie, wie beispielsweise ein Kniegelenk funktioniert, welche Belastungen ein Fuß täglich aushalten muss oder wie die Funktion der menschlichen Hand als Greiforgan nachgebaut werden kann. Die Entwickler übertragen Aufbau und Bewegungsmechanismen des menschlichen Körpers auf eine spezielle Technik, die Orthopädie-Technik. Sie entwickeln Prothesen und Orthesen, die Menschen höchstmögliche Bewegungsfreiheit und damit Lebensqualität verschaffen können.

Der vorliegende Bionik-Band gibt einen kurzen Überblick über Roboter und Prothesen sowie ihre vielfältigen Einsatzmöglichkeiten. Ausgehend von



Roboter, Prothesen und Orthesen

Roboter sind ortsfeste oder sich bewegende technische Einrichtungen, die von Computerprogrammen gesteuert werden und dem Menschen immer wiederkehrende, schwere körperliche und gefährliche Arbeiten abnehmen.

Prothesen sind künstliche Gliedmaßen und bieten einen Ersatz für verlorene oder erkrankte Körperteile. **Orthesen** dagegen sind medizinische Hilfsmittel, welche Gliedmaßen oder den Körperrumpf stabilisieren, entlasten oder korrigieren. Dabei unterstützen sie die Funktion der Gelenke.

Beispielen aus der Geschichte werden Aufbau und Funktion ausgewählter Roboter und Prothesen vorgestellt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf bionischen Betrachtungen.

Das Thema »Roboter und Prothesen« ist umfangreich. Daher beschränkt sich dieser Band auf grundlegende Ausführungen. Das Ziel ist es, das Vorgehen der Forscher aus den unterschiedlichsten Wissenschaftsgebieten bei der Entwicklung und dem Bau von Robotern und Prothesen nach Vorbildern aus der Natur nachzuvollziehen. Wichtige Fachbegriffe werden erklärt, denn eine klare und eindeutige Sprache ist das wichtigste Arbeitsmittel jeder Wissenschaft und am leichtesten lernt man sie in ihrer Anwendung.

2

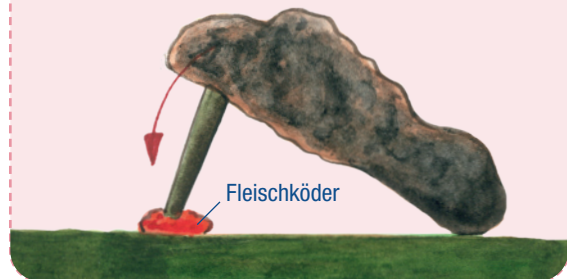
GESCHICHTLICHES: VOM AUTOMATEN ZUM ROBOTER

Die ersten Automaten

Es ist kaum zu glauben, aber die ersten Automaten wurden schon von Menschen der Altsteinzeit erfunden. Sie entstanden aus dem Bedürfnis, tierische Nahrung zu beschaffen. Damals konnten die jagdbaren Tiere, wie beispielsweise Mammut, Höhlenbär und Riesenhirsch, nur gemeinsam erlegt werden. In der Gruppe waren die Menschen zwar stärker, doch sie zu Fall zu bringen, bedurfte eines enormen Aufwands an Geschicklichkeit und Ausdauer. Sicherlich kamen findige Jäger schon damals durch Naturbeobachtungen, wie Steinschläge und umstürzende Bäume, auf die Idee, solche vernichtenden Kräfte durch Vorrichtungen auszulösen. Sie richteten diese auf das Tier und brachten es so zu Fall. So entstanden die ersten Tierfallen und mit ihnen die ersten Automaten der Menschheitsgeschichte. Sie verrichteten »von selbst« das aufwändige Jagen. Diese automatischen Tierfallen lagen sozusagen für die Jäger auf der Lauer, ohne dass überhaupt jemand zugegen sein musste.

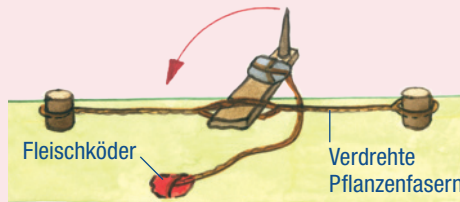
Jagdfallen der Steinzeit

Schwerkraftfalle

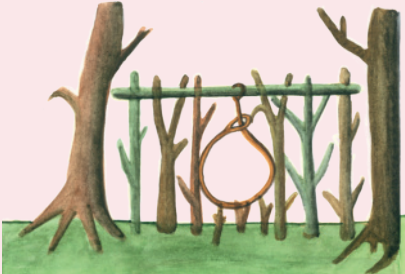


Jagdfallen der Steinzeit

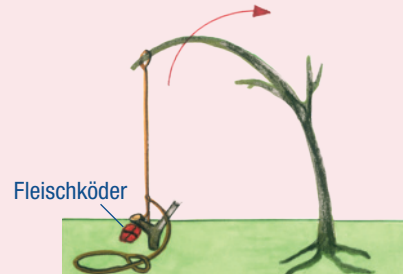
Torsionsfalle (Torsion = Verdrehung)



Schlingenfalle



Schwippgalgenfalle



Die Menschen dieser Zeit lernten so, Kräfte zu speichern, umzulenken und rechtzeitig selbsttätig auszulösen. Voraussetzung dafür war die »Kenntnis« physikalischer Prinzipien. Machen wir nun einen Zeitsprung.

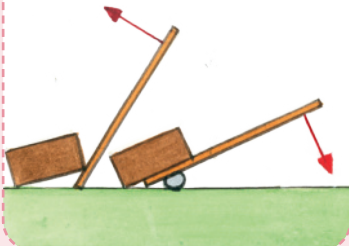
VON GEHEIMNISVOLLEN TÜRÖFFNERN UND WEIHWASSER-AUTOMATEN

Alexandrien lange vor unserer Zeit: Der Grieche Heron von Alexandria (10 n. Chr.–70 n. Chr.) tüftelte an einer neuen Konstruktion. Er war ein hervorragender Mathematiker, Mechaniker und Erfinder. Unter der Priesterschaft war Heron für seine wundersamen und raffinierten Meisterwerke bekannt. Wieder einmal sollte er in ihrem Auftrag ein mechanisches Wunderwerk für einen neuen Tempelbau entwerfen und bauen. Denn den Priestern gelang es durch die Nutzung solcher technischen Wunderwerke, die unwissenden Menschen derart zu beeindrucken, dass diese von der Existenz der Götter überzeugt waren.

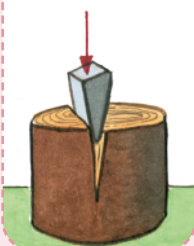
Heron blätterte suchend in dem von ihm verfassten Buch »Pneumatika«, in dem er seine Erkenntnisse über den Druck in Flüssigkeiten und Gasen offenbarte. Darin befand sich u. a. eine Sammlung technischer Mechanismen, wie Hebel, Keil, Geneigte Ebene, Schraube und weitere. »Diese Mechanismen ließen sich doch bestimmt in geeigneter Weise so miteinander kombinieren, dass dadurch eine neue technische Lösung zu erzielen wäre«, überlegte er.

Technische Mechanismen

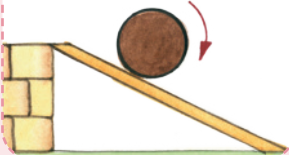
Ein- und zweiseitiger Hebel

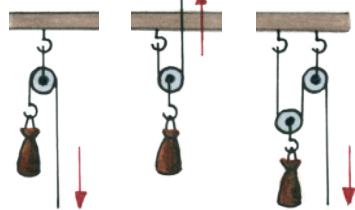


Keil

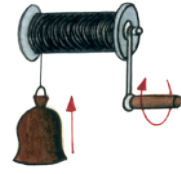


Geneigte Ebene

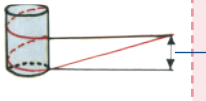




Feste Rolle
Lose Rolle
Kombination von fester und loser Rolle




Wellrad



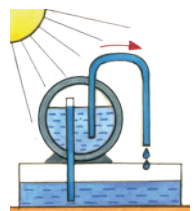
Steigung: Abstand zwischen zwei Gewindespitzen – also der Weg, der bei einer Umdrehung zurückgelegt wird.

Schraube

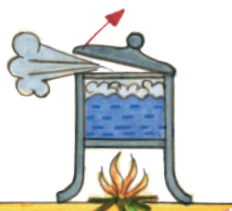
Archimedische Schraube



Thermoskop (von Heron)

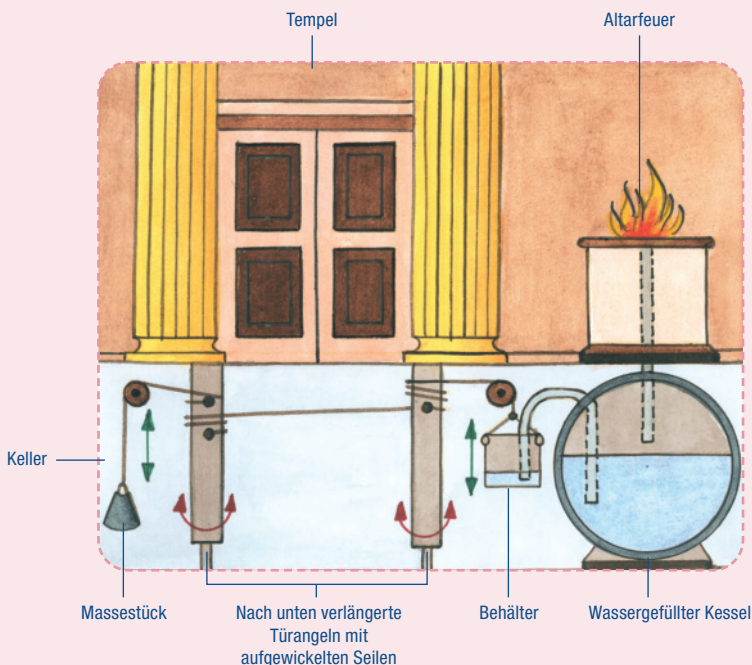


Dampfkessel (von Heron)



Vor ihm stand außerdem zur Denkanregung ein Thermoskop zur Temperaturanzeige, das er selbst gebaut hatte. Die Funktion dieser Apparatur wurde ihm wieder deutlich: Scheint nämlich die Sonne darauf, dehnt sich die Luft im oberen Teil der Kugel aus. Dabei drückt sie auf das darin befindliche Wasser und verdrängt es durch das gekrümmte Rohr nach unten, sodass es in das darunterliegende Wasserbecken tropft. Ist es jedoch draußen kalt, kehrt sich der Vorgang um und das Wasser wird durch den äußeren Luftdruck über das gerade Rohr in die Kugel zurückgedrückt. Heron folgerte, dass sich Luft nicht nur zusammendrücken lasse, sondern sich auch ausdehnen könne. Dabei kam ihm die Idee, dieses Prinzip der Volumenvergrößerung von erwärmter Luft auch für eine automatische Vorrichtung zum Öffnen der Türen des neuen Tempels zu verwenden.

Automatischer Türöffner und -schließer



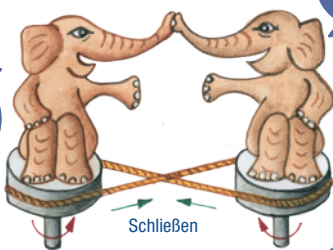
Am Ende seines Erfindungsprozesses stand die technische Lösung: ein automatischer Türöffner und -schließer. Bei diesem Prozess wurde Heron auch von der religiösen Vorstellung des Feuers in der damaligen Zeit beeinflusst. Feuer war Göttersache, weil – so glaubten die Menschen fest – es immer nach oben zum Sitz der Götter drang. Das war eigentlich auch für Heron unabänderliches und zu respektierendes Gesetz. Er ersann jedoch eine List, um nicht in Konflikt mit den Priestern zu geraten und sich das Feuer dennoch zu Nutze zu machen: »Ich könnte doch das Erhitzte auf dem Weg nach oben zum Himmel einen kleinen Umweg machen lassen«, dachte er sich. So entstand sein automatischer Türöffner und -schließer.

Bei der Einweihung des Tempels waren viele Menschen anwesend. Die Öffnung der großen schweren Tempeltüren wurde von den Priestern perfekt

Verständnishilfe zur Erklärung der Schließ- und Öffnungsbewegung der Tempeltüren mittels Seilrollen

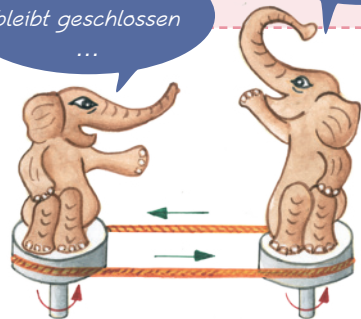
Feierabend!

Jetzt sind die Türen geschlossen!



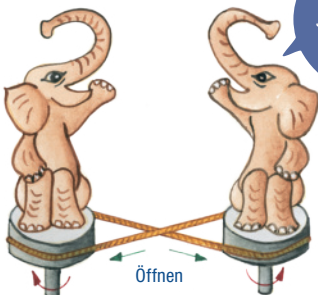
Meine Tür bleibt geschlossen ...

... und meine Tür geht auf!



Willkommen!

Und jetzt sind die Türen geöffnet!



Parallel verlaufende Seile ermöglichen gleiche Drehrichtungen der Seilrollen. Bei der vorliegenden Drehrichtung bliebe die linke Tür geschlossen und die rechte Tür würde sich öffnen.

Die sich kreuzenden Seile ermöglichen gegenläufige Drehrichtungen der Seilrollen.

in Szene gesetzt: Sie öffneten sich mit lautem Kollern und Knarren wie von Geisterhand bewegt – ein beeindruckendes Schauspiel für die Gläubigen.

Dieser antike Automat funktionierte folgendermaßen: An den beiden Türen waren rollenförmige Türangeln befestigt, die durch den Fußboden des Tempels bis in den Keller führten. Um diese Angeln waren Seile nach einer ganz bestimmten Anordnung gewickelt. Wird nun auf dem Altar das Feuer zu Ehren der Götter angezündet, wird die Luft in dem darunterliegenden luftdichten Altarhohlraum erwärmt und dehnt sich dabei aus. Dadurch wird das Wasser vom Kessel in den Behälter gedrückt. Der immer schwerer werdende Behälter zieht am Seil und dreht die Türangeln zum Öffnen der Tempeltüren. Dank des Massestückes auf der anderen Seite werden die Türen wieder geschlossen, wenn das Feuer erlischt. Die sich durch die Abkühlung zusammenziehende Luft saugt sozusagen das Wasser durch den entstehenden Unterdruck wieder zurück in den Kessel.

Merke!



Die Ausdehnung der Luft bei Wärme

Luft dehnt sich bei Erwärmung aus, dabei vergrößert sich ihr Volumen. Bei Abkühlung zieht sich die Luft wieder zusammen und das Volumen verringert sich. Dieser Vorgang lässt sich zur Verrichtung von Arbeit nutzen.

Betrachtet nun in der Abbildung, wie das Seil auf die Türangeln aufgewickelt ist. Die Wickelanordnung des Seils auf den Angeln dient der Festlegung ihrer Drehrichtung. Mit der Wicklung des Seils ist gewissermaßen das Programm zum Öffnen und Schließen der Tempeltüren vorher festgelegt.

Vor dem Türöffner und -schließer hatte Heron einen Weihwasser-Automaten gebaut, der durch Münzeinwurf einen kleinen Strahl gesegneten Wassers, also Weihwasser, abgab – eine sichere Einnahmequelle für die Priester. Für die Gläubigen war es der übermächtige und endgültige Beweis für das Vorhandensein und Wirken der allmächtigen Götter.

Der Weihwasser-Automat funktionierte auf Grundlage des zweiseitigen Hebels und der Schwerkraft. Man kann diesen außergewöhnlichen Apparat als den ersten Münzautomaten der Technikgeschichte bezeichnen. Die Tempelbesucher warfen durch einen Schlitz in diesen vasenförmigen Automaten eine Münze ein und bekamen dafür einen kleinen Strahl des von den Göttern gesegneten Wassers. Bevor der Münzeinwurf stattfand, war das System des zweiseitigen Hebels im Gleichgewicht. Die Kräfte griffen dabei vom Drehpunkt aus, voneinander getrennt auf den gegenüberliegenden Seiten an.

Fiel nun ein Geldstück auf den kleinen Teller, so wurde dieser durch seine Masse m nach unten gedrückt. Das Hebelsystem kam ins Ungleichgewicht – die andere Seite bewegte sich nach oben. Dadurch wurde die darunterliegende Büchse geöffnet und das Weihwasser floss durch das nun kurz geöffnete Rohr nach außen. Sobald das Geldstück den Teller verließ, sank der Büchsendeckel nach unten und verschloss die Büchse wieder.

Münzautomat zum Spenden von Weihwasser

Einganggröße E: Geld

Hebelsystem (zweiseitiger Hebel)

Teller

m

F_G

Wasserbehälter

Büchse

Ausgangsgröße A: Weihwasser

m – Masse der Münze
 F_G – Gewichtskraft

Die Wippe als zweiseitiger Hebel

$m_1 = m_2$
 $F_{G1} = F_{G2}$

m_1 F_{G1} m_2 F_{G2}

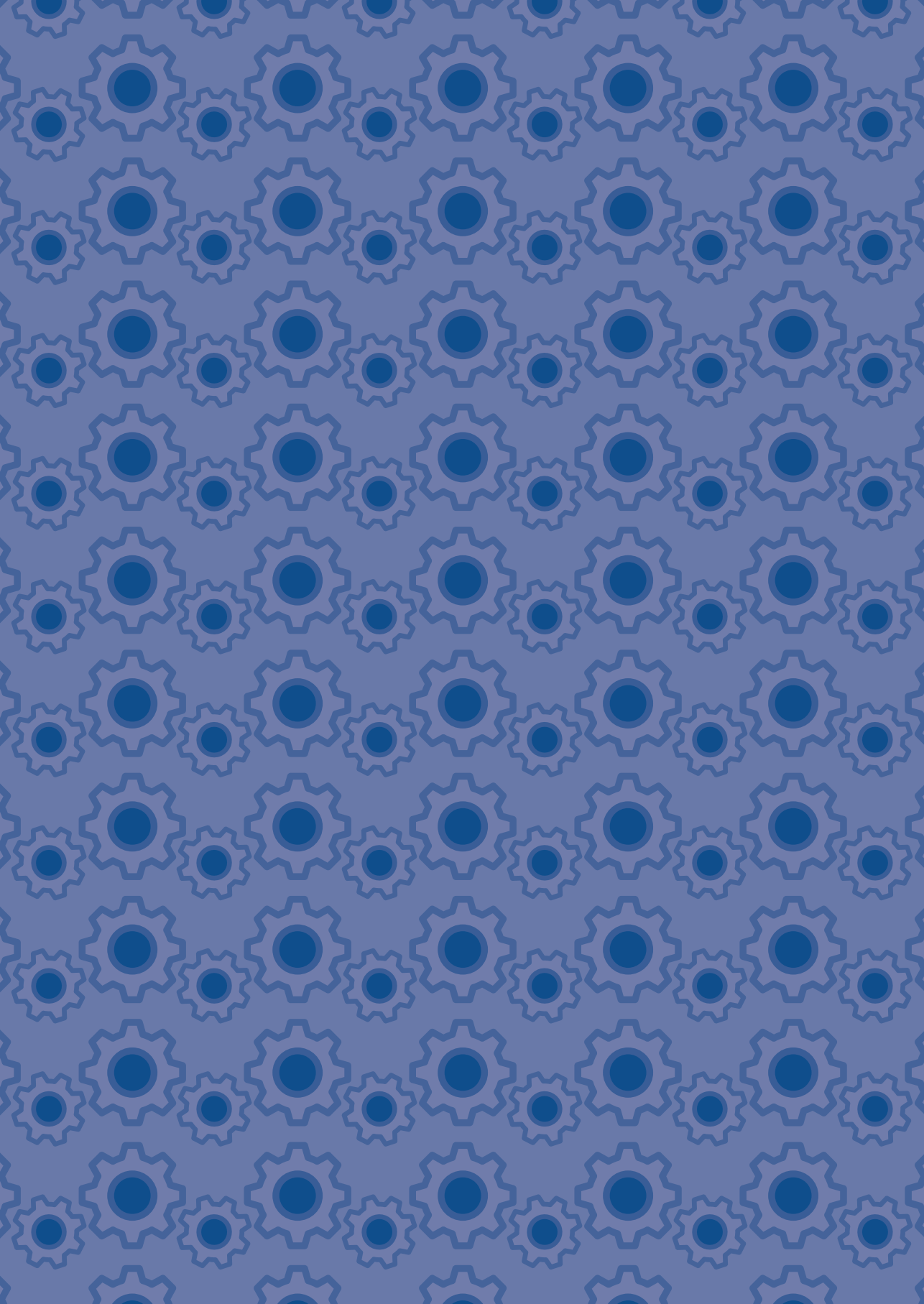
m – Masse
 F_G – Gewichtskraft

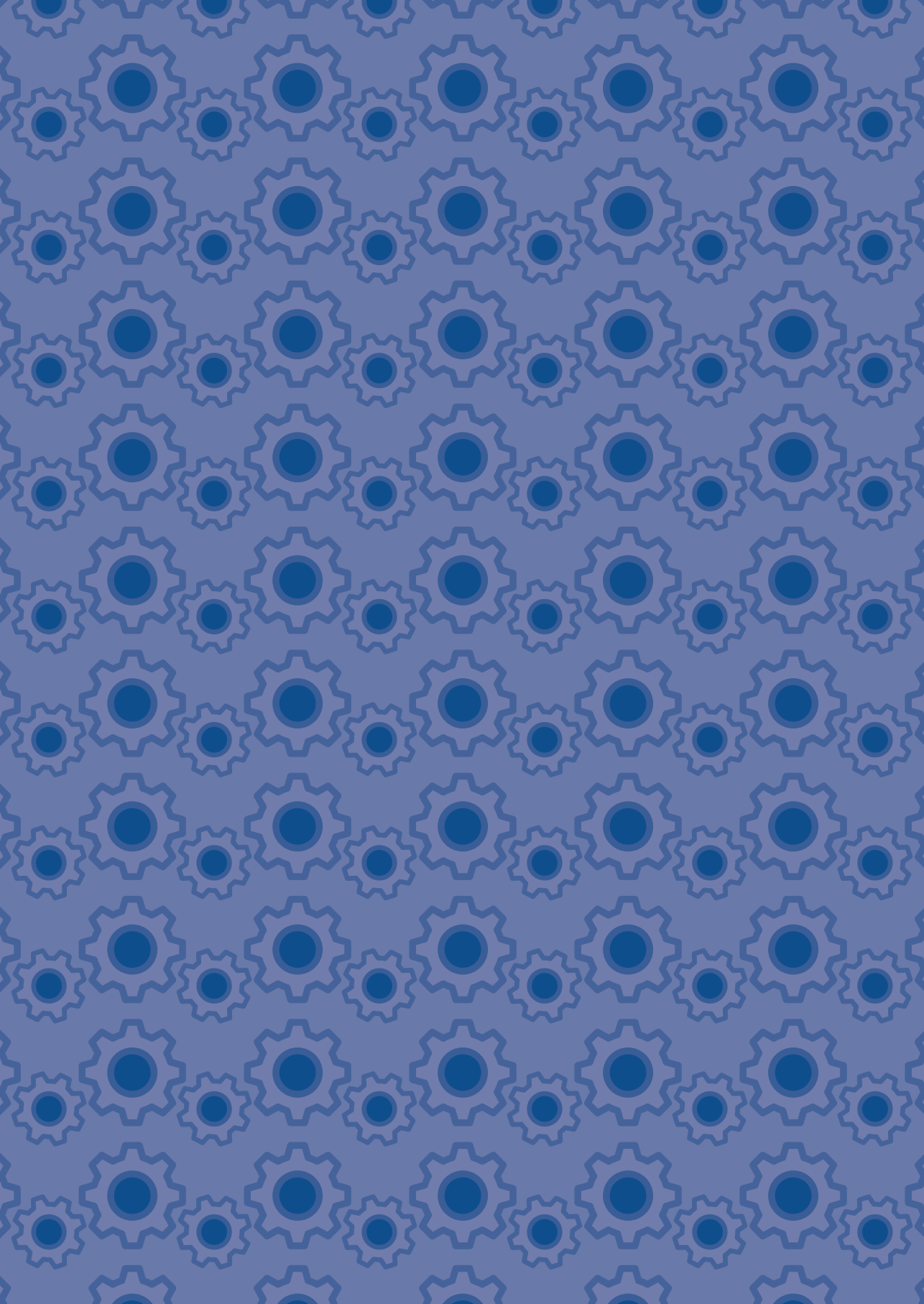
Bei zwei gleich schweren Elefantenkindern befindet sich die Wippe im **Gleichgewicht**.

$m_1 > m_2$
 $F_{G1} > F_{G2}$

m_1 F_{G1} m_2 F_{G2}

Bei zwei unterschiedlich schweren Elefanten befindet sich die Wippe im **Ungleichgewicht**.





Schon seit langer Zeit träumt der Mensch davon, Roboter nach seinem Ebenbild zu entwickeln. Der Verwirklichung dieses Traumes kommt man heute immer näher. Roboter sind heute überall anzutreffen. Sie sind längst nicht nur in der Industrie und Medizin zu finden, sondern sind auch fleißige Helfer als Staubsauger- und Mähroboter bei uns zu Hause im Einsatz. Roboter übernehmen außerdem vielfältige Dienstleistungen und verhelfen älteren und behinderten Menschen zu mehr Lebensqualität.

Der vorliegende Band gibt einen anschaulichen Überblick über die Vielfalt und Einsatzmöglichkeiten von Robotern und Prothesen. Außerdem erfährt der Leser viel Wissenswertes über die geschichtliche Entwicklung vom Automaten bis hin zum intelligenten Roboter. Es wird an verschiedenen Beispielen aufgezeigt, wie Roboter nach Vorbildern aus der Natur entwickelt werden und was man über ihren grundlegenden Aufbau und ihre Funktionen wissen sollte.



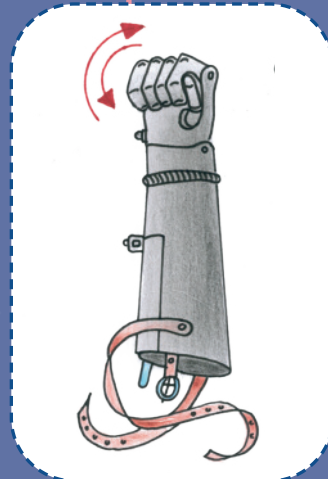
Sachinformationen über interessante und erstaunliche biologische und technische Phänomene

Abenteuer des Entdeckens und Erfindens in Form von Bilder-
geschichten

Denk- und Arbeitsweisen
von Entdecker- und Erfinder-
persönlichkeiten

Nützliche Methoden zur
individuellen Erschließung
von Natur und Technik

Spannende Experimente zur
Erkenntnisgewinnung und Selbst-
bau-Anleitungen zur praktischen
Erprobung



Preis: 16,95 €



9 783944 575469 >

Knabe Verlag Weimar