



# Naturwissenschaft und Technik



## Leistungs- und Basisfach in Baden-Württemberg

Autoren der Werke:

Elektrotechnik / Elektronik - Grundwissen

Fachkunde Elektrotechnik

Industrielle Fertigung

Konstruktionslehre Maschinenbau

Produktion Technologie und Management

Steuern und Regeln für Maschinenbau und Mechatronik

Technische Mechanik Lehr- und Aufgabenbuch

Technische Physik

Technologie FOS/BOS Bayern Jgst. 11 Technik

Technologie FOS/BOS Bayern Jgst. 12 Technik

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsseldorf Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 80413**

Gestaltungsteam der Skriptfassung  
„Naturwissenschaft und Technik – Leistungs- und Basisfach in Baden-Württemberg“

Sylvia Bruckelt  
Markus Bühler  
Maren Hilgert  
Simon Jakober  
Marco Mangold  
Kolja Meyer  
Lars Möller  
Hanna Müller-Heer  
Sina Schröder  
Frank Trittler  
Ulli Weisbrodt

Lektorat:  
Alexander Schäfer

Bilderstellung und -bearbeitung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

1. Auflage 2020

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN: 978-3-7585-8041-3

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2020 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<https://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlaggestaltung:  
Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern unter Verwendung einer Grafik von © lidiia - stock.adobe.com

Satz: mediacreativ, G. Kuhl, 40724 Hilden  
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Bei der Einführung des NwT- Leistungsfaches stand kein Lehrwerk zur Unterstützung der Schülerinnen und Schüler oder als Materialsammlung für Lehrkräfte zur Verfügung. Die Inhalte waren vormals in vielen Einzelwerken verstreut zu suchen und aufeinander abzustimmen. Um Lehrkräfte in dieser Arbeit zu unterstützen und um zu verhindern, dass die Schülerinnen und Schüler eine große Zahl unterschiedlicher Bücher nutzen müssen, wurden mit Unterstützung des Verlags Europa-Lehrmittel Elemente aus einer Vielzahl von Büchern ausgewählt und zum Unterricht im Basis- und Leistungsfach NwT thematisch gebündelt. Da die Urheberrechte der Autoren nicht beeinträchtigt werden sollten, konnten die Inhalte der Seiten nicht verändert werden. Die auf den Seiten zusätzlich eingedruckten Kolumnentitel und Seitenzahlen können zur Orientierung genutzt werden - im Text sind aber keine Verweise auf diese Strukturen zu finden. Das Werk kann und soll ein erster Schritt zur Entwicklung eines neuen NwT-Lehrbuches sein.

Die jetzige Skriptversion und das künftige Buch sind für das Basis- und das Leistungsfach geeignet. Dies wird beispielhaft an den farbigen Kennzeichnungen (Zahnräder) der Startseiten der Kapitel deutlich. Dies soll den Schülerinnen und Schülern zur Orientierung dienen. Die Inhalte des Buches wurden nach bisher vorliegenden Erfahrungen, aus der Pilotphase des Modellversuchs, zielgerichtet ausgewählt. Inhalte, die über die schriftliche Prüfung hinausgehen, können für Vertiefungen genutzt werden.

Bei der Vorbereitung auf ihre schriftliche Abiturprüfung können die hier vorhandenen Kapitel die Schülerinnen und Schüler unterstützen. Dazu ist es erforderlich, dass die im Unterricht vereinbarte Fachsprache verwendet wird. Sollte in Kapiteln ein anderer Sprachgebrauch gepflegt werden, wird im Anhang darauf verwiesen. Eine Vollständigkeit oder rechtliche Verbindlichkeit kann jedoch nicht zugesagt werden. Die Skriptversion ist darauf ausgelegt, den projektorientierten Unterricht mit Vernetzung verschiedener inhaltlicher Kompetenzbereiche beim selbständigen Forschen und Entwickeln zu unterstützen. Dieses vernetzte und systemorientierte Denken wird auch in der Abiturprüfung gefordert.

Das Werk entstand auf Initiative und Wunsch der Pilot- und Modellschulen zur Einführung des Faches NwT in der gymnasialen Oberstufe in Baden-Württemberg. Ein großer Anteil der im Bildungsplan für das Leistungsfach ausgewiesenen Kompetenzen wird dargestellt. Vieles wurde im bisherigen Unterricht an den Pilotschulen erprobt, wobei sicherlich Lücken bleiben mussten. Gerne nimmt das Gestaltungsteam Rückmeldungen zur Skriptversion bei der Entwicklung eines künftigen Kursstufen-Buches speziell für das Fach NwT in der Regelphase entgegen. So waren auch Kapitel zu „Denk- und Arbeitsweisen“ und „Datenkommunikation“ in der Skriptversion angedacht, konnten aber noch nicht realisiert werden.

Wir danken dem Verlag für die gemeinsame Ideenfindung und den Autoren der Ausgangsbücher für ihre Unterstützung und hoffen mit dem Werk den Schülerinnen und Schülern im Basis- wie im Leistungsfach eine Hilfestellung bei der Gestaltung ihrer Projekte im Unterricht sowie ggf. in der Vorbereitung auf die Prüfung anbieten zu können.



Europa-Nr.: 10021  
ISBN 978-3-8085-1688-1



Europa-Nr.: 53510  
ISBN 978-3-8085-5366-4



Europa-Nr.: 5021X  
ISBN 978-3-8085-5070-0



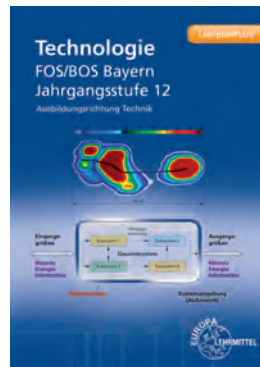
Europa-Nr.: 31789  
ISBN 978-3-8085-3730-5



Europa-Nr.: 30138  
ISBN 978-3-8085-3791-6



Europa-Nr.: 19127  
ISBN 978-3-8085-1912-7



Europa-Nr.: 15129  
ISBN 978-3-8085-1512-9



Europa-Nr.: 14009  
ISBN 978-3-8085-1888-5



Europa-Nr.: 12654  
ISBN 978-3-8085-1265-4



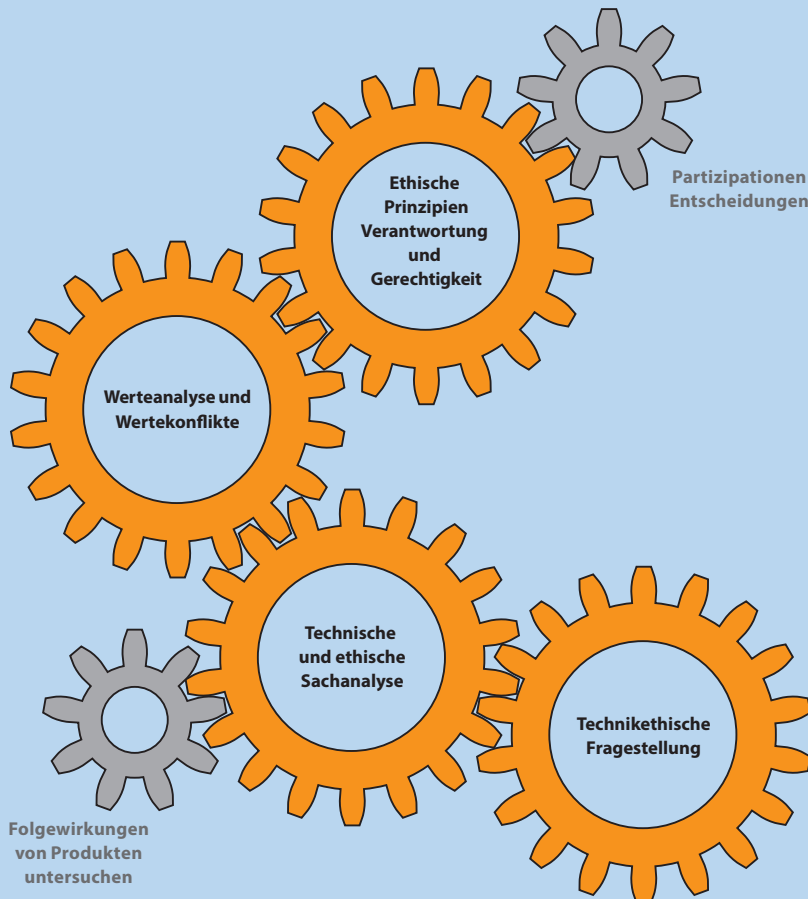
Europa-Nr.: 5231X  
ISBN 978-3-8085-5236-0

<b>1</b>	<b>Die technikethische Fallanalyse .....</b>	<b>6</b>
1.1	Die Methode im Überblick.....	7
1.2	Die Phasen der technikethischen Fallanalyse .....	8
<b>2</b>	<b>Energieversorgung .....</b>	<b>16</b>
2.1.	Grundlagen der Energietechnik.....	17
2.2.	Energieversorgungssysteme.....	37
2.3.	Erneuerbare Energieträger .....	50
<b>3</b>	<b>Antriebstechnik .....</b>	<b>74</b>
3.1	Grundlagen des Elektromagnetismus .....	75
3.2	Generator .....	91
3.3	Bürstenbehalteter Gleichstrommotor .....	92
<b>4</b>	<b>Technische Mechanik .....</b>	<b>98</b>
4.1	Grundlagen der Technischen Mechanik .....	99
4.2	Statische Systeme und Schnittprinzip .....	120
4.3	Spannung und Dehnung.....	132
4.4	Belastung durch Spannung und Dehnung.....	151
<b>5</b>	<b>Produktentwicklung .....</b>	<b>162</b>
5.1	Produktentwicklung.....	163
5.2	Projektmanagement .....	190
5.3	Computergestützte Fertigung .....	194
<b>6.</b>	<b>Elektronik und Messtechnik .....</b>	<b>200</b>
6.1	Grundlagen der Elektrotechnik.....	201
6.2	Operationsverstärker .....	211
<b>7</b>	<b>Regelungstechnik.....</b>	<b>216</b>
7.1	Grundlagen von Regelungsvorgängen.....	217
7.2	Arten von Regelkreisgliedern .....	220
7.3	Regler und Regelkreise.....	229
	<b>Anhang .....</b>	<b>237</b>

# 1. Die technikethische Fallanalyse

Die Methode der technikethischen Fallanalyse wird zunächst im Überblick dargestellt und anschließend die einzelnen Phasen detaillierter dargelegt: Es wird erklärt, was eine technikethische Fragestellung ausmacht und wie eine Sachanalyse die technischen und ethischen Hintergründe zum Thema aufbereitet.

Weiter wird dargestellt, wie unterschiedliche Werte der beteiligten Akteure herausgearbeitet, daraus Wertekonflikte ermittelt und diese mit ethischen Grundprinzipien gewichtet werden. Als konkretes Beispiel dient der Fall „Ausstieg aus der Kernenergie“, welches eng mit Themen der Energieversorgung verknüpft ist.



Grundlagen für Basis- und Leistungsfach



Vertiefungen im Leistungsfach



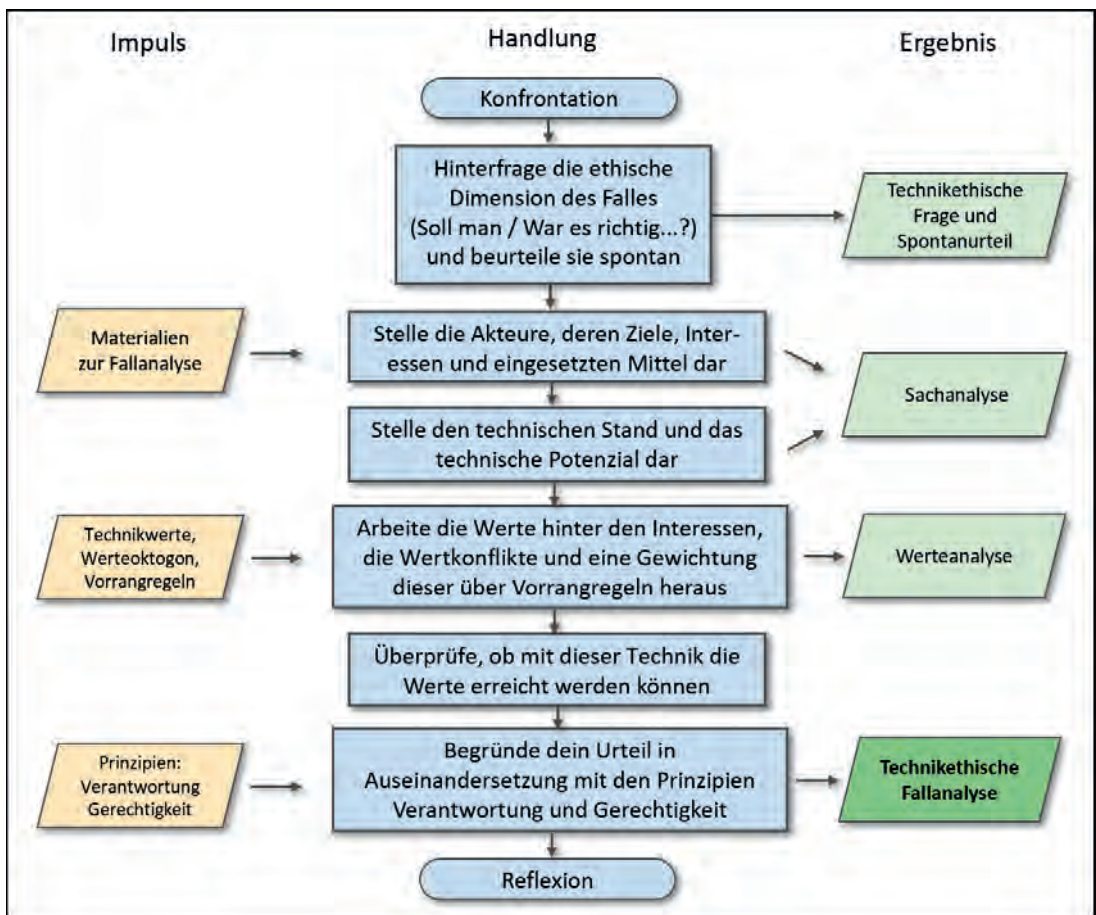
In der Scriptversion nicht dargestellt



Nicht prüfungsrelevant

Technik ethisch zu beurteilen ist mehr, als ihre Vor- und Nachteile abzuwägen und eine eigene Meinung abzuleiten. Schließlich soll das Ergebnis der Bewertung möglichst dem Wohle aller dienen. Dies ist das Ziel einer technikethischen Fallanalyse. Sie wird in drei Schritten vorbereitet. Deren Ergebnisse erlauben einen umfassenden Blick auf die technischen Hintergründe als auch auf die Interessen und Werte der durch eine Technik betroffenen Menschen. In einem vierten und letzten Schritt kann dann ein Urteil gefunden werden, das der Verantwortung allen gegenüber gerecht wird.

Die umfangreiche Methode wird hier zunächst im Überblick in einer Art Ablaufplan dargestellt und anschließend die einzelnen Schritte genauer dargestellt:



Die linke, gelbe Seite zeigt an, an welcher Stelle du **Impulse** erhältst, das können beispielsweise Materialien zum Fall sein wie der Stand der verwendeten Technik, Risiko- oder Ökobilanzanalysen oder begriffliche Erläuterungen bis hin zu fertigen Fallanalysen, die du bewerten sollst. Es ist also ein Impuls für einen Arbeitsauftrag. Dieser **Handlungsablauf** ist in der Mitte blau dargestellt. Du kannst hier acht Felder erkennen, die durchlaufen werden, um am Ende eine technikethische Fallanalyse bearbeitet zu haben. Dabei laufen sowohl die Sachanalyse als auch die Werteanalyse in zwei Strängen parallel ab:

Um eine fundierte Aussage treffen zu können, müssen sowohl die technischen als auch die ethischen Aspekte analysiert werden.

Auf der rechten, grünen Seite steht der Output, also das **Ergebnis** deiner Handlung. Hellgrün dargestellt sind die eher stichwortartigen Ergebnisse, die eine Vorarbeit zum eigentlichen Ergebnis bilden. Die technikethische Fallanalyse, also das dunkelgrüne Parallelogramm rechts unten, stellt das Hauptergebnis dar, in das die Vorarbeit mit einfließt.

## 1.2 Die Phasen der technikethischen Fallanalyse

### 1.2.1 Die technikethische Frage und das erste Spontanurteil

Jede Fallanalyse besitzt eine ethische Dimension, die man in Form einer Frage formulieren kann. Eine **ethische Frage** beginnt meist mit den Worten „Soll man“ bzw. „War es richtig, dass“ und wirft damit ein moralisches Problem auf. Die Ausformulierung eines ersten spontanen Urteils gehört auch noch zu dieser **ersten Phase**.

**Konkret:** Zum Thema Kernenergie und Energiewende könnte eine technikethische Fragestellung zum Beispiel so lauten: *War es richtig, in Deutschland nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima den Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022 zu beschließen?*

Das Spontanurteil bildet die persönliche Meinung ab und muss klar von einem ethischen Urteil abgegrenzt werden:



### 1.2.2 Mit Impulsen erfolgt die technische und ethische Sachanalyse

Zu Beginn der **zweiten Phase** bekommst du als Impuls meist zahlreiche **Materialien** zu den technischen und ethischen Hintergründen.

**Konkret:** Die aufbereiteten Materialien zur Frage der zukünftigen Nutzung der Kernenergie könnten Daten zum technischen Stand und zum energetischen Potenzial dieser Energiegewinnung, Daten zu der politischen Entscheidungsfindung, Informationen zu den Herausforderungen wie der Zwischen- und Endlagerung, der Wiederaufbereitung oder des Transports von nuklearem Material bzw. einer fertigen Risikoanalyse, die z.B. die Sicherheit im Normalbetrieb berechnet oder Aussagen zum Schutz der Reaktoren vor Erdbeben, Hochwasser oder Flugzeugabstürzen und so weiter trifft. Außerdem könnten in diesen Materialien auch Standpunkte und Einstellungen verschiedener Akteure wie Stromversorgungsunternehmen, Anwohner oder Stromkunden zu finden sein.

Mit Hilfe dieser Impulse werden zwei voneinander getrennte Arbeitsaufträge bearbeitet:

In der ethischen Sachanalyse sollen die beteiligten Akteure dieses Falls, deren Ziele, Interessen und eingesetzten Mittel dargestellt werden. Das Ergebnis ist meist eine tabellarische



Zusammenstellung oder eine Art Mind-Map. Dir muss dabei klar sein, was hinter den Begriffen Ziele und Interessen steckt: Ein **Ziel** ist ein erstrebenswerter Sachverhalt, der durch Entscheidungen und eingesetzte Mittel erreicht werden kann. Ein Ziel ist somit etwas sehr Konkretes wie z.B. „Ich möchte wenig für Strom bezahlen.“

**Interessen** hingegen sind allgemeinere Zielorientierungen, die aus den Werten und Bedürfnissen hervorgehen und von Interessensgruppen auch öffentlich vertreten und mit verfügbarer Macht verfolgt werden. Ein Interesse von Stromunternehmen könnte beispielsweise lauten: „Der Ausstieg aus der Kernenergie muss durch öffentliche Gelder finanziert werden.“ Mit diesem Interesse könnte das Ziel des Unternehmens, (weiterhin) günstig elektrischen Strom zu verkaufen, realisiert werden.

*Konkret auf das Thema Kernenergie bezogen haben Energieversorger wahrscheinlich das Ziel, ihre Kernkraftwerke möglichst lange in Betrieb zu halten. Das Interesse, das sie verfolgen, ist dabei zum Beispiel eine stabile und günstige Stromproduktion. Anwohner verfolgen vielleicht das Ziel eines schnellen Ausstiegs, weil ihr Interesse darin besteht, keiner Gefahr einer radioaktiven Freisetzung in unmittelbarer Nähe ausgesetzt zu werden. So sehen wir in unserem Fall: Anwohner, Stromkunden allgemein und die Gesellschaft haben womöglich alle dasselbe Ziel, aber vielleicht unterschiedliche Interessen dahinter. Das stichwortartig herauszuarbeiten bildet einen Teil der Sachanalyse.*

Der zweite Teil dieser Phase bildet die **technische Sachanalyse**, denn idealerweise sollte das ethische Urteil auch technisch umsetzbar sein. Wenn man bei der Energiewende auf den Schluss käme, dass Deutschland seinen Strom zukünftig ausschließlich aus Wasserkraft gewinnen sollte, wäre dies vielleicht ethisch, nicht jedoch technisch sinnvoll.

*Konkret zum Thema Kernenergie müsste man beispielsweise folgende Fragen technisch klären: Welche unterschiedlichen Reaktortypen gibt es, wie alt ist der Kernkraftwerkpark in Deutschland? Wie alt ist er in unseren Nachbarländern? Welche Aussagen treffen Risikoanalysen zur Sicherheit von Kernkraftwerken? Wäre es technisch möglich, Kernkraftwerke auch gegen Flugzeugabstürze, Erdbeben, Hochwasser und andere unvorhergesehene Katastrophen abzusichern? Und wie teuer wäre das?*

Hinter der Sachanalyse steht eine intensive Vorarbeit zu Sachfragen rund um den Fall und die Resultate benötigst du später in der eigentlichen technikethischen Fallanalyse.

### **1.2.3 Werte und Wertekonflikte werden analysiert und über Vorrangregeln gewichtet**

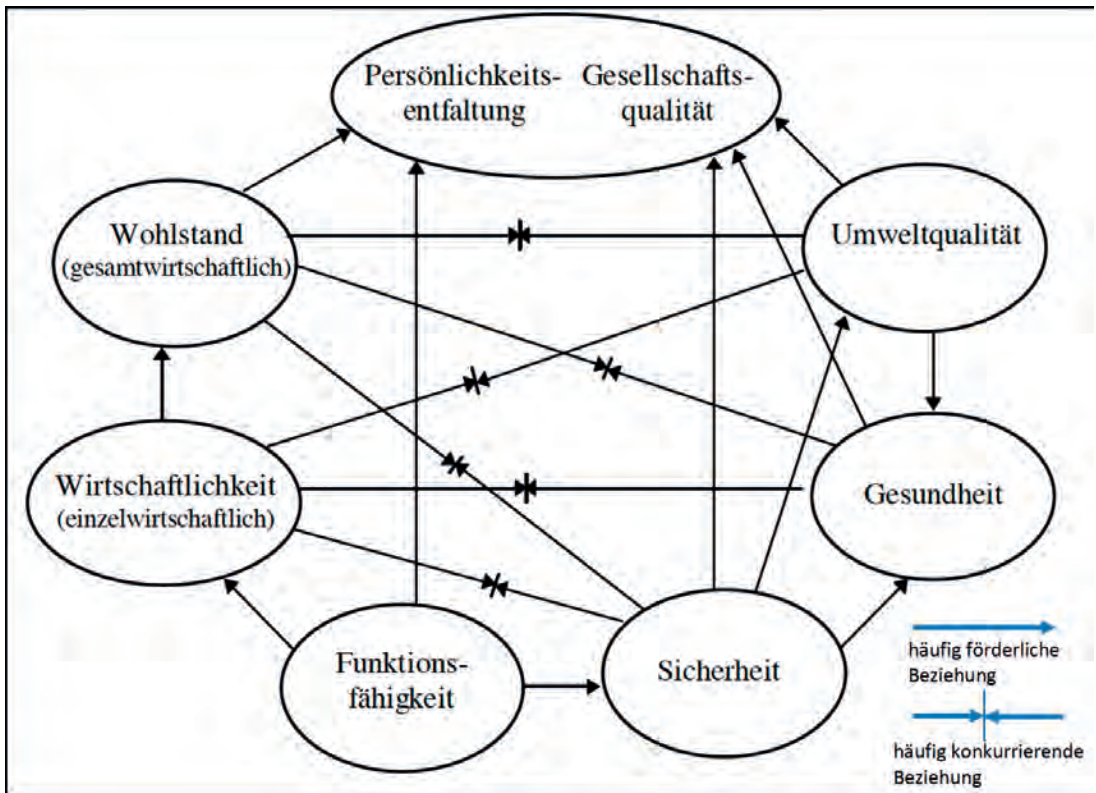
**Werte** sind Vorstellungen, die in einer Gesellschaft allgemein als wünschenswert anerkannt sind und den Menschen Orientierung verleihen. Als Hilfestellung bekommst du immer die sogenannten VDI-Technikwerte samt Erläuterung zur Verfügung gestellt, die Werte technischen Handelns in sieben verschiedene Kategorien unterteilt:

<p><b><u>Funktionsfähigkeit</u></b>            Brauchbarkeit, Machbarkeit            Wirksamkeit            Perfektion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfachheit</li> <li>- Robustheit</li> <li>- Genauigkeit</li> <li>- Zuverlässigkeit</li> <li>- Lebensdauer</li> </ul> <p>Technische Effizienz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wirkungsgrad</li> <li>- Stoffausnutzung</li> <li>- Produktivität</li> </ul>	<p><b><u>Wirtschaftlichkeit</u></b>            Kostenminimierung            Gewinnmaximierung            Unternehmenssicherung            Unternehmenswachstum</p> <p><b><u>Wohlstand</u></b>            Bedarfsdeckung            quant. / qual. Wachstum            Internationale            Konkurrenzfähigkeit            Vollbeschäftigung            Verteilungsgerechtigkeit</p>	<p><b><u>Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität</u></b>            Handlungsfreiheit            Informations- und Meinungsfreiheit            Kreativität            Privatheit und informationelle              Selbstbestimmung            Beteiligungschancen            Soziale Kontakte und soziale Anerkennung            Solidarität und Kooperation            Kulturelle Identität            Minimalkonsens            Ordnung, Stabilität und Regelmäßigkeit            Transparenz und Öffentlichkeit            Gerechtigkeit</p>
<p><b><u>Gesundheit</u></b>            Körperliches Wohlbefinden            Psychisches Wohlbefinden            Steigerung der Lebenserwartung            Minimierung von unmittelbaren            und mittelbaren            gesundheitlichen Belastungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- in der Berufsarbeit</li> <li>- in der privaten Lebensführung</li> <li>- durch umweltbelastende              Produkte und              Produktionsprozesse</li> </ul>	<p><b><u>Umweltqualität</u></b>            Landschaftsschutz            Artenschutz            Ressourcenschonung            Minimierung von            Emissionen,            Immissionen und            Deponaten</p>	<p><b><u>Sicherheit</u></b>            Körperliche Unversehrtheit            Lebenserhaltung des Einzelnen / der            Menschheit            Minimierung des Risikos            (Schadensumfang und            Eintrittswahrscheinlichkeit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- des Betriebsrisikos</li> <li>- des Versagensrisikos</li> <li>- des Missbrauchsrisikos</li> </ul>

Hinter jeder Kategorie stehen jeweils zahlreiche Werte technischen Handelns: Unter der Funktionsfähigkeit wird beispielsweise die technische Effizienz als Wert eingestuft, die sich im Wirkungsgrad, der Stoffausnutzung oder der Produktivität des technischen Produkts ablesen lässt.

*Konkret:* Wenn wir wieder unser Beispiel nehmen, dann haben Stromkonzerne den Aspekt Wirtschaftlichkeit im Blick, die Werte dazu wären die Kostenminimierung, eine Gewinnmaximierung oder auch das Unternehmenswachstum. Die Wertevorstellungen der anderen Akteure liegen eher im Bereich Sicherheit wie die Körperliche Unversehrtheit oder die Minimierung des Risikos. Im Bereich der Funktionsfähigkeit priorisieren sie wohl eher den Grad der Zuverlässigkeit als zum Beispiel den Wirkungsgrad einer Kernkraftanlage. Vielleicht liegen ihre Werte auch im Bereich Umweltqualität wie der Minimierung von Emissionen. Der Bereich Gesundheit überschneidet sich in diesem Fall mit dem Bereich Sicherheit. Der Wert der Transparenz und Öffentlichkeit innerhalb der Gesellschaftsqualität mag bei diesem Thema auch eine Rolle spielen.

Wenn man zu den einzelnen Akteuren und deren Interessen also die dahinterstehenden moralischen Werte herausgearbeitet hat, leitet man in einem nächsten Schritt die daraus resultierenden **Wertekonflikte** ab. Dazu steht dir dieses sogenannte VDI-Werteoktagon zur Verfügung, das häufige förderliche bzw. konkurrierende Beziehungen aufzeigt:



Der Wertebereich Sicherheit steht beispielsweise häufig in einem förderlichen Kontext zu den Bereichen Umweltqualität und Gesundheit, während es zwischen der Sicherheit und der Wirtschaftlichkeit häufig eine konkurrierende Beziehung gibt. Ein Wertekonflikt kann aber auch innerhalb eines Bereichs auftreten, beispielsweise stehen sich der Aspekt Einfachheit und Lebensdauer im Wert Perfektion manchmal konkurrierend gegenüber oder es können Konflikte zwischen der Handlungsfreiheit und der Gerechtigkeit auftreten. Beachte neben dem Werteoktagon also auch diese Ebene bei der Suche nach Wertekonflikten.

Schließlich legst du innerhalb dieser Wertekonflikte **Vorrangregeln** fest. Wahrscheinlich stimmst du mir zu, wenn ich aus dem Bauch festlege, dass Werte aus dem Bereich der Sicherheit, der Gesundheit oder auch der Umweltqualität meist eine größere Beachtung finden sollten als Werte aus dem Bereich Wirtschaftlichkeit oder auch des Wohlstands. Auf diesen Schluss kommt zumindest die Mehrheit der Deutschen, die genau aus diesem Grund den Ausstieg aus der Kernenergie befürworten. Wenn sich die Sicherheit allerdings nur geringfügig verschlechtert, der wirtschaftliche Nutzen hingegen sehr groß ist, kommt man vielleicht zu einem anderen Schluss.

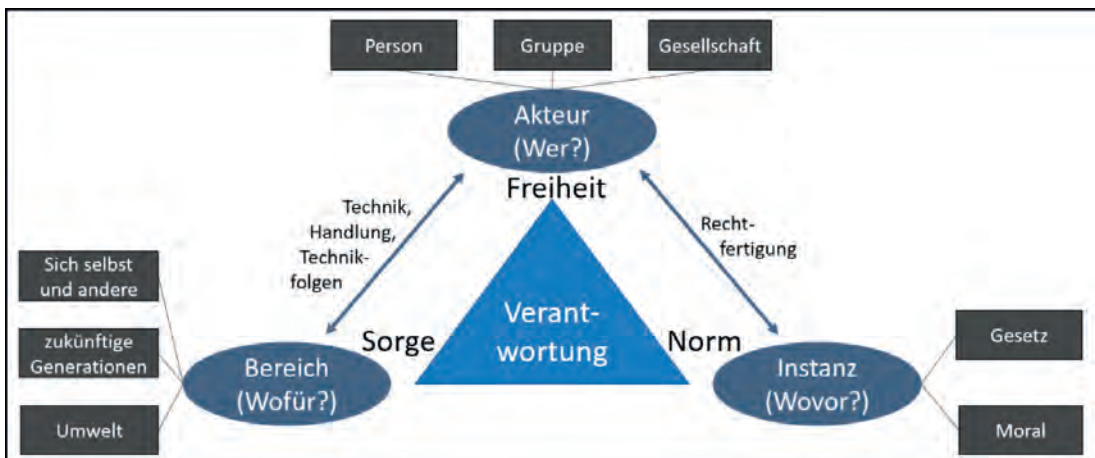
Oft diskutiert werden auch die Werte des qualitativen Wirtschaftswachstums im Gegensatz zu einem quantitativen Wachstum zum Beispiel bei der Frage, ob technische Produkte möglichst hochwertig oder möglichst preiswert sein sollten.

Jetzt kommt auch das technische Wissen zum Tragen, das du dir angeeignet hast. Überprüfe, ob deine vorrangig ermittelten Werte durch die verwendete Technik auch tatsächlich erreicht werden können.

### 1.2.4 Das technikethische Urteil wird anhand grundlegender Prinzipien wie Verantwortung und Gerechtigkeit gefällt und begründet

Die Begriffe **Verantwortung** und **Gerechtigkeit** spielen bei der Begründung der Vorrangregeln bestimmter Werte eine zentrale Rolle. Nur wenn die Menschheit verantwortungsvolle Entscheidungen trifft und diese gerecht umsetzt, wird ein friedliches Zusammenleben gelingen und die Zukunft lebenswert bleiben.

Verantwortung ist ein sogenannter mehrrelationaler Begriff. Der Akteur, der seine Handlung in freiem Willen getroffen hat, trägt Sorge für einen Verantwortungsbereich und muss sich vor einer Verantwortungsinstanz rechtfertigen.



Ein Akteur kann ein Einzelner, eine Gruppe oder die Gesellschaft sein. Der Verantwortungsbereich kann sich auf sich selbst und andere oder, und das ist wichtig für unser Thema, auch zukünftige Generationen und die Umwelt an sich erstrecken. Die Verantwortungsinstanz bilden Gesetz und Moral.

Es gibt verschiedene Arten an Verantwortung, die allgemeinste ist die sogenannte **Kausalhandlungsverantwortung**: Der Einzelne ist verantwortlich für die Folgen seines Handelns. Der Ingenieur, der eine Brücke plant, ist für das Ergebnis seiner Berechnungen verantwortlich. Das umschreibt die positive Kausalhandlungsverantwortung. Daneben gibt es in diesem Typ auch eine negative Form, sie umfasst die Vermeidung von Unterlassungen. Unterlassene Hilfeleistung wird bestraft, weil die Pflicht zur Übernahme von Verantwortung in einer Situation nicht wahrgenommen wurde. Eine dritte Form beschreibt die **Präventionsverantwortung**: Ein Kontrollingenieur muss, um dieser Verantwortung gerecht zu werden, aktiv nach Schwachstellen suchen, um Unfälle oder Störungen abzuwenden. Allgemein gesprochen ist der Blickwinkel auf die Verantwortung ausgehend von der Tat und dessen Folgen.

Der Philosoph Hans Jonas beschreibt einen weiteren grundsätzlichen Typ von Verantwortung und nennt sie die Fürsorge-Verantwortung. So wie Eltern für das Wohl ihrer abhängigen Kinder

*Konkret:* Setzen wir den Verantwortungsbegriff bzw. die Verantwortungsethik in einen Zusammenhang zur Nutzung der Kernenergie, können wir folgende Fragen stellen:

- Welche Handlungen und welche Unterlassungen von heute wirken sich auf zukünftige Generationen positiv oder negativ aus?
- Welche präventiven Handlungen sollen wir heute für zukünftige Generationen vollziehen?
- Welche Energieversorgung ist nachhaltig? Und in welchem Maß sollen die einzelnen Akteure zum Gelingen dieser nachhaltigen Energieversorgung beitragen?

verantwortlich sind und diese Haltung in sich tragen, so ist der technische Mensch für die künftige Existenz der von dieser technischen Macht abhängigen Menschen und Natur verantwortlich. Diese Fürsorgeverantwortung geht über die Kausalhandlungsverantwortung hinaus, sie ist allgemeiner auf die Menschheit und zukünftige Generationen bezogen. Hans Jonas formuliert auf Basis dieses Verantwortungsbegriffs seinen sogenannten ökologischen Imperativ: Handle so, dass die Wirkungen deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden.

Beim Prinzip **Gerechtigkeit** beschäftigst du dich in diesem Thema zum Beispiel damit, wie eine gerechte Energieversorgung aussieht und wie der Ausbau dieser Energieversorgung auch gerecht ablaufen kann. In autokratisch regierten Ländern geht eine solche Umsetzung zwar oft viel schneller, dabei wird aber meist wenig darauf geachtet, Interessen verschiedener Akteure zu koordinieren und die Maßnahmen möglichst gerecht umzusetzen. In Deutschland und Europa gibt es hingegen aufwändige Verfahren, die zu einer hohen Gerechtigkeit führen sollen und diese demokratischen Prozesse kosten Zeit.

Es gibt bei der Frage um die Gerechtigkeit zahlreiche philosophischen Ansätze, wir greifen den Ansatz des amerikanischen Philosophen **John Rawls** auf, der 1971 sein Hauptwerk dazu veröffentlichte. Demnach bedeutet Gerechtigkeit, **Grundvereinbarungen in einem fairen Ausgangszustand** zu erstellen. Er stellt sich dazu einen fiktiven Urzustand einer Gesellschaft vor, in der niemand seine soziale Stellung, seine Wohn- oder Arbeitsverhältnisse usw. kennt. Diesen Urzustand gab oder gibt es nicht und ist auch kein erwünschter Zustand, sondern bildet lediglich die erdachte Ausgangssituation völliger **Unkenntnis** über soziale Verhältnisse des Einzelnen und damit einer sozialen Gleichheit aller. Rawls denkt dabei zwar eher an das Erstellen einer grundlegenden Verfassung für eine Gesellschaft, man kann diesen Gedanken aber auch gut auf unser Thema übertragen: Welche Regeln einer gerechten Energieversorgung würde sich eine solche Gesellschaft im Ausgangszustand geben? Wenn also keine partikulären Interessen bestehen können, man also nicht weiß, ob man von einer bestimmten Entscheidung profitiert oder einen Nachteil davonträgt. Wahrscheinlich wäre darin verankert, dass jeder das Recht auf Energieversorgung hat,

es also keine Region oder Situation geben darf, in der die Energieversorgung schlechter ist als in anderen. Gerecht wäre dabei vermutlich auch das Streben nach einer günstigen Energieversorgung, weil damit sozial schlechter gestellte auch die nötige Energie erwerben können. Und auch dass Energie nachhaltig bereitgestellt wird, fällt unter diesen Fairnessgedanken. Zumindest wenn man ihn dahingehend erweitert, dass man nicht einmal die Zeit kennt, in der man lebt. Mit diesem Gedanken würde man für alle Generationen das Streben nach einer möglichst Ressourcen schonenden, emissionsarmen, eben nachhaltigen Energieversorgung als gerecht festlegen.

Wenn wir unter der gleichen Prämisse daran denken, wie wohl ein gerechter Ausbau dieser Energieversorgung aussehen würde, kommen wir auf Grundsätze wie „mit einem minimalen Eingriff in die Natur“, „mit einer minimalen Belastung für die Gesellschaft“ oder „mit einer maximalen Effizienz“. Diese so gewonnenen Gerechtigkeitsgrundsätze können wir schließlich in die Bewertung des Falls einfließen lassen.

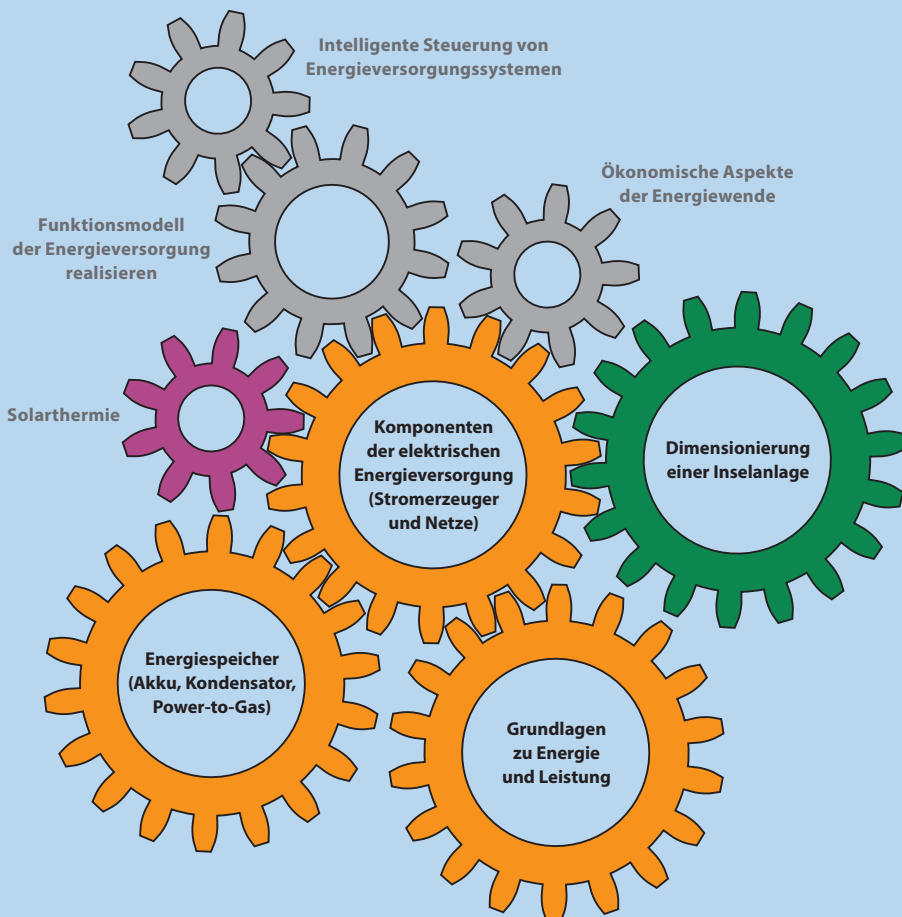
Die Ergebnisse aus dem Punkten 1.2.1 bis 1.2.3 werden stichwortartig festgehalten und fließen in eine umfassende technikethische Fallanalyse ein. Diese ähnelt einem schriftlichen Essay.



## 2. Energieversorgung

Der Klimawandel und die immer knapper werdenden Ressourcen verändern die Anforderungen an die Energieversorgung. Aufbauend auf den Grundlagen aus der Mittelstufe, werden die Herausforderungen bei der Bereitstellung, Speicherung und dem Transport elektrischer Energie vermittelt. Zunächst werden energietechnische Grundlagen wiederholt und vertieft, wobei abweichend von der üblichen Reihenfolge die Energie von der Leistung abgeleitet wird. Anschließend werden Netze und Speicher sowie Photovoltaik und Windkraftanlagen, als Beispiele für die Energiebereitstellung, vorgestellt.

Aufgrund der Verwendung verschiedener Bücher kommt es im Bereich der Photovoltaik und Windenergie zu Dopplungen (s. Anhang).



Grundlagen für Basis- und Leistungsfach



Vertiefungen im Leistungsfach



In der Scriptversion nicht dargestellt



Nicht prüfungsrelevant



## 4 Allgemeine Energietechnik

### In diesem Kapitel lernen Sie

- verschiedene Energieformen zu unterscheiden und Energieumwandlungen mithilfe von Energieumwandlungsketten darzustellen.
- Energieversorgungssysteme zu analysieren und deren Energieumwandlungsschritte in Energieflussdiagrammen darzustellen.
- energetische Zusammenhänge mithilfe der physikalischen Größen Arbeit, Energie und Leistung zu beschreiben und diese Größen in Berechnungen anzuwenden.
- den Wirkungsgrad technischer Systeme zu berechnen und damit die Energieerhaltung zu beurteilen.
- komplexe technische Systeme nach deren Energieeffizienz zu bewerten und Folgen für Wirtschaft und Umwelt zu erkennen (siehe auch Kapitel 5.1 bis 5.3).

Eine Grundfrage des Menschen ist seit jeher die Suche nach Energie und deren Erschließung. Grundsätzlich ist für den Menschen ein Leben ohne Energie nicht möglich. Durch den Verzehr von Nahrungsmitteln nimmt er Energie auf, um seine Lebensfunktionen aufrechtzuerhalten. Damit kann der Mensch zum Beispiel seine Körpertemperatur auf ca. 37 °C halten oder mithilfe von Muskelkraft Arbeit verrichten. Zudem konnte die technische und wirtschaftliche Entwicklung der Menschheit nur durch die Beherrschung der Energie, beginnend mit dem Feuer, realisiert werden. Energie ist heutzutage in unserem Alltag unverzichtbar. Wir benötigen sie zum Heizen oder Kühlen, zum Überwinden von Wegstrecken, Beleuchten von Räumen, Telefonieren, zum Nutzen von Unterhaltungsmedien oder für den Austausch von Daten und Informationen. Energie gehört zu den Grundbedürfnissen des Menschen. Von der Energie sind alle Wirtschaftssektoren abhängig, von der Industrie, über die privaten Haushalte, dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung bis hin zum Verkehr. Eine besondere Rolle nimmt in all diesen Bereichen die Stromversorgung (**Bild 1**) ein. Bei einem Stromausfall würde das gesamte öffentliche Leben stillstehen und womöglich zusammenbrechen. Um die Sicherheit unserer Energieversorgung über Generationen hinweg gewährleisten zu können, ist ein ressourcenschonender Umgang mit den Energieträgern unabdingbar. Der weltweite Primärenergiebedarf steigt ständig, während die Energievorräte auf der Erde knapper zu werden scheinen. Das macht zum einen eine verstärkte Nutzung regenerativer Energien erforderlich und zum anderen einen energieeffizienteren Umgang mit Energie. Um diese Ziele zu erreichen, arbeiten viele Ingenieure an der Entwicklung und Umsetzung neuester Technologien. In diesem Kapitel werden naturwissenschaftlich-technologische Grundlagen der Energietechnik behandelt.



**Bild 1: Europa bei Nacht**

### 4.1 Energieformen

Nach dem Durcharbeiten dieses Abschnitts werden Sie in der Lage sein, unterschiedliche Energieformen voneinander zu unterscheiden.

In unserem alltäglichen Sprachgebrauch benutzen wir das Wort Energie relativ häufig: Energiequelle, Energieriegel, Energiesparen, energiegeladen, Energiekrise, etc. Ebenfalls ist Energie bei fast allen Vorgängen in unserer Umwelt und Technik maßgeblich beteiligt. Energie, was ist das eigentlich? Energie kann man in der Regel weder sehen, fühlen noch anfassen. Allerdings kann man sie an ihrer Wirkung erkennen. Damit Vorgänge ablaufen können, ist Energie erforderlich. Energie kann in unterschiedlichen Erscheinungsformen auftreten:

#### Mechanische Energie

Die Grundlagen der klassischen Mechanik, einem Teilgebiet der Physik, basieren auf den Newtonschen Gesetzen. Mechanische Energie wird benötigt, um Körper anzuheben oder zu beschleunigen. Aus diesem Grund gibt es in der Physik die wichtige Unterscheidung zwischen der potentiellen und kinetischen Energie.

### Potentielle Energie

Die Energie einer Körpermasse infolge ihrer erhöhten Lage (bezogen auf eine Bezugsebene) bezeichnet man als potentielle Energie oder Lageenergie. Die Wassermenge in einem Hochbecken eines Speicherstausees besitzt daher potentielle Energie.

Eine Sonderform der potentiellen Energie ist die Spannenergie. Beim Verformen eines elastischen Körpers wird die verrichtete Spannarbeit als Spannenergie im Körper gespeichert und bei einer Rückverformung wieder freigesetzt. Zum Beispiel dient die Energie einer vorgespannten Feder für den Antrieb einer mechanischen Uhr.

### Kinetische Energie

Die Energie eines sich bewegenden Körpers wird kinetische Energie oder Bewegungsenergie genannt. Zugeführt wird sie dem Körper bei der Beschleunigung, beispielsweise aus dem Ruhezustand. Ein fahrender Zug besitzt kinetische Energie.

### Chemische Energie

Die in den chemischen Bindungen von Atomen oder Molekülen gespeicherte Energie nennt man chemische Energie. Sie wird bei chemischen Reaktionen entweder benötigt (endotherm) oder freigesetzt (exotherm). Die bei der Verbrennung freierwende Energie ist im Besonderen für den Bereich der Technik interessant. Chemische Energie ist zudem auch in organischer Nahrung gespeichert.

### Elektrische Energie

Energie, die in elektrischen Feldern gespeichert oder mittels Elektrizität übertragen wird, bezeichnet man als elektrische Energie. Hiermit ist zum einen die Energie eines Ladungsträgers im elektrischen Feld gemeint (statisch) und zum anderen die mit dem elektrischen Strom verbundene Energie durch bewegte elektrische Ladungsträger (dynamisch). Sie ist neben den fossilen Brennstoffen in Industrie und Haushalt die am häufigsten verwendete Energieform.

### Wärmeenergie

Die Energie der ungeordneten Bewegung von Atomen oder Molekülen wird Wärmeenergie genannt. Bei Zufuhr von Wärmeenergie erhöht sich die Bewegungsenergie der Elementarbausteine und umgekehrt nimmt sie bei Wärmeentzug ab. Die Besonderheit der Wärmeenergie ist, dass alle Energieformen sich in Wärmeenergie umwandeln lassen. In umgekehrter Weise lässt sich Wärmeenergie selten und nur mit hohem Aufwand in andere Energieformen umwandeln.

### Kernenergie

Die Bindungsenergie der Teilchen (Protonen, Neutronen) eines Atomkerns wird Kernenergie genannt. Sie kann durch Atomkernumwandlung entweder mithilfe von Kernspaltung oder Kernverschmelzung gewonnen werden.

### Strahlungsenergie

Die Energie des Lichts wird als Strahlungsenergie bezeichnet. Da Lichtwellen ihrem physikalischen Charakter nach elektromagnetische Wellen sind, nennt man die Strahlungsenergie auch elektromagnetische Energie. Dazu gehören Sonnenlicht, Radiowellen, Mikrowellen, Röntgen- und Infrarotstrahlung etc.



**Alles verstanden?**

1. Beschreiben Sie, welche Auswirkungen ein großräumiger Stromausfall für unsere Gesellschaft hätte.
2. Nennen Sie unterschiedliche Formen, in denen Energie auftreten kann.
3. Analysieren Sie einen gewöhnlichen Tag während der Schulzeit daraufhin, wann Sie auf welche Energieformen angewiesen sind.

## 4.2 Energieumwandlung

In diesem Abschnitt lernen Sie

- was man unter dem Energieerhaltungssatz versteht.
- wie man mithilfe von Energiewandlern Energieumwandlungsprozesse angeben kann.
- wie man den Wirkungsgrad eines Energiewandlers ermittelt.
- dass man komplexe technische Systeme durch Energieumwandlungsketten beschreiben kann.
- wie man mit Energieflussdiagrammen Energieströme und -verluste visualisieren kann.

Energie lässt sich generell von einer Erscheinungsform in eine andere umwandeln. Seit jeher macht sich der Mensch dies zunutze. Wird beispielsweise an einem Lagerfeuer Holz verbrannt, wird die im Holz gespeicherte Energie in Form von Wärmeenergie umgewandelt und frei. In der heutigen Zeit ist die Energieumwandlung vor allem mit der Erzeugung und dem Verbrauch von Strom verknüpft. Kann aber Energie tatsächlich „erzeugt“ oder „vernichtet“ werden? Diese Frage soll in diesem Kapitel geklärt werden.

### 4.2.1 Energieerhaltung

Eine der bedeutendsten Erkenntnisse der Physik ist der Energieerhaltungssatz. Er wird auch 1. Hauptsatz der Thermodynamik genannt.

#### Energieerhaltungssatz:

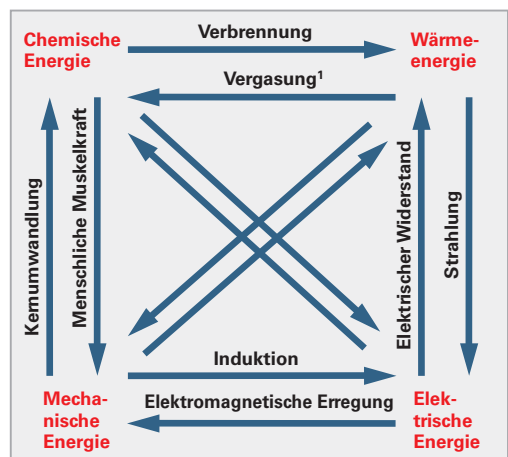
Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden, sondern nur von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden.

Energie kann demnach weder aus dem Nichts gewonnen werden, noch kann sie verloren gehen. Bei der Umwandlung in eine andere Energieform bleibt die Menge an Energie immer dieselbe.

Beim Geld ist dies ähnlich: Dieselbe Menge an Geld kann man in Münzen oder Scheinen besitzen, oder als Forderungen oder Guthaben. Auch wenn man das Geld ausgibt, ist es nicht weg bzw. verbraucht, sondern es gehört lediglich jemand anderem.

Die Summe aller im Universum vorhandenen Energien bleibt nach dem Energieerhaltungssatz auch konstant. Es hat sich bestätigt, dass sich der Mensch nur aus dem natürlich vorgegebenen Energieangebot bedienen kann. Durch die Energietechnik versucht er natürliche Energievorkommen in für ihn nutzbare Formen umzuwandeln. In **Bild 1** werden Umwandlungsmöglichkeiten der Energieformen gezeigt.

Energieumwandlungen führen nach dem Energieerhaltungssatz zu keinen Energieverlusten. Ist die Angst vor der Energieknappheit also unbegründet?



**Bild 1: Umwandlungsmöglichkeiten der Energieformen**

<sup>1</sup> Vergasung: Prozess, bei dem Biomasse thermochemisch in einen gasförmigen Brennstoff umgesetzt wird.

Leider ist dem nicht so. Es muss berücksichtigt werden, dass alle Energieumwandlungen so ablaufen, dass mindestens ein Teil der wertvollen Energie in relativ wertlose „ungeordnete“ Energieformen umgewandelt wird. Beispielsweise entschwindet bei einem Verbrennungsmotor ein großer Teil der eingesetzten Energie durch den Auspuff in die Umwelt. Eine große Menge der zugeführten chemischen Energie wird also in Form von Wärmeenergie mit den heißen Abgasen, aber auch durch die Wärmestrahlung des Motors an die Umgebung abgegeben. Diese Energie wird damit nicht vernichtet, sondern entwertet. Dementsprechend entstehen bei der Umwandlung von Energie in der Regel auch unerwünschte, nicht nutzbare Energieformen.

Die Entwertung der Energie ist Ausdruck für die eingeschränkte Einsetzbarkeit der Energie nach erfolgter Energieumwandlung. Die „niederwertigste“ Energieform ist die Wärmeenergie. Sie entsteht bei allen Prozessen in der Natur und Technik und kann der Umgebung von allein weder entzogen noch nutzbar gemacht werden. Man kann feststellen, dass eine ursprünglich vorhandene hochwertige Energie beim Betrieb von Maschinen, Geräten und Anlagen in eine niederwertige Energieform überführt wird und dieser Vorgang irreversibel (unumkehrbar) ist. Wir bezeichnen diesen Vorgang umgangssprachlich als Energieverbrauch. Bei genauer Betrachtung gibt es allerdings keinen Energieverbrauch und auch keine Energieerzeugung, es gibt lediglich eine Energiewandlung.

#### Alles verstanden?

1. Nennen Sie die Prozesse bzw. Methoden, die es ermöglichen, elektrische, chemische, mechanische und Wärmeenergie ineinander umzuformen.
2. Erläutern Sie den Energieerhaltungssatz anhand von Beispielen aus dem Alltag (zum Beispiel beim Kochen einer Tasse Kaffee, beim Bremsen eines Pkws etc.).
3. Begründen Sie, warum ein „Perpetuum mobile“<sup>1</sup> nach dem Energieerhaltungssatz nicht möglich ist.
4. Begründen Sie, warum die Bezeichnungen „Energiegewinnung“ und „Energieverbrauch“ physikalisch gesehen nicht korrekt sind.

### 4.2.2 Energiewandlermodell

Energiewandler sind (technische) Systeme, die Energie von einer Form in eine andere umwandeln (transformieren). Beispiele für Energiewandler sind u. a. Kraftwerke, Getriebe, Generatoren und Elektromotoren.

Beispielsweise wandelt bei einer Windkraftanlage der Generator die kinetische Energie des Rotors in elektrische Energie um. Die gewonnene elektrische Energie kann anschließend in das Stromnetz eingespeist werden.

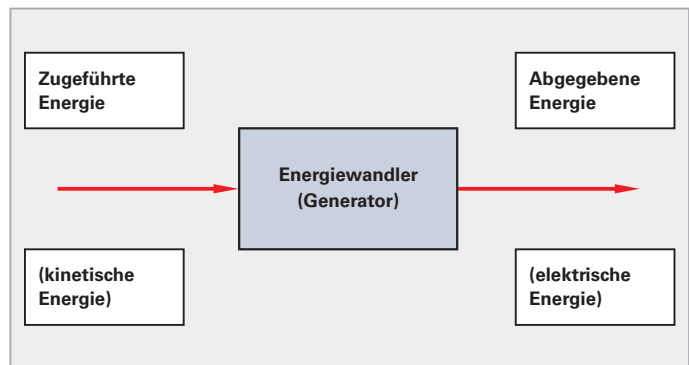


Bild 1: Modell eines Energiewandlers

Der Energiewandler Generator wird zur vereinfachten Betrachtung als technisches System dargestellt. Man zeichnet den Generator als eine Art „Black-Box“ (d. h. eine „Kiste“ mit unbekanntem Inhalt). Mittels Pfeilen werden nun die zu- und abgegebenen Energien angegeben (Bild 1).

Da nahezu alle technischen und biologischen Prozesse mit der Umwandlung von Energie verbunden sind, gibt es Beispiele von Energiewandlern für fast alle Paare von Energieformen. In **Tabelle 1, folgende Seite** können die Energieumformungen einiger Energiewandler nachvollzogen werden.

<sup>1</sup> Perpetuum mobile: Hypothetische Maschine, die, einmal in Gang gesetzt, ohne weitere Energiezufuhr ewig in Bewegung bleibt (lat. perpetuum = unaufhörlich; mobilis = beweglich).