

Lehrerinformationen

Umwelt Technik

Bautechnik

Bearbeitet von:
Horst Babendererde
Bernd Höchel

Inhalt

Zum Einsatz des Themenhefts 2

Anmerkungen zu Grundsätzen des Technikunterrichts 3

Ziele 3

Inhalte 3

Leitgedanken 5

Methoden 6

**Didaktische und methodische Hinweise und Empfehlungen
zum Arbeitsteil 12**

Bautechnik im Alltag 12

Projektarbeit 12

Projektideen 14

Aufgaben bearbeiten 16

Versuche durchführen 26

Ergänzende Sachinformationen für die Lehrenden 28

Charakterisierung des Sachbereichs Bautechnik 28

Baugeschichte 28

Bauplanung 30

Technische Mechanik 36

Baustoffe 43

Ökologisches Bauen 46

Energie im Haus 49

Schalldämmung 59

Zum Einsatz des Themenhefts

Diese Lehrerinformationen sollen die Arbeit mit dem Themenheft erleichtern. Didaktische Hinweise und fachliche Ergänzungen tragen zu einer besseren Orientierung bei, sodass die Lehrerinnen und Lehrer erkennen, welche Überlegungen und Ideen die Schulbuchautoren bei den einzelnen Kapiteln geleitet haben.

Die Themenhefte sind nicht für ein bestimmtes Bundesland und seine speziellen Lehrpläne oder Richtlinien geschrieben worden. Sie sind vielmehr in allen Bundesländern einsetzbar, in denen eine allgemeine technische Bildung in unterschiedlichen Fächern vermittelt wird. Ein Einsatz der Hefte in fächerübergreifenden Unterrichtsvorhaben ist gut möglich und erwünscht.

Alle Themenhefte bestehen aus einem Arbeits- und einem Informationsteil. Die Konzeption sieht vor, dass die Schülerinnen und Schüler im Informationsteil Ideen, Anregungen und Hintergrundwissen für die im Aufgabenteil zu bearbeitenden Bereiche erhalten. Über Inhalts- und Stichwortverzeichnis können sich die Schülerinnen und Schüler schnell orientieren und notwendige Verbindungen herstellen.

Bautechnik im Alltag

Ein knapper Überblick über die Ziele des Themas dient einer ersten Orientierung. Sie können und sollen durch Ziele der Lerngruppe ergänzt werden.

Projekte, Projektideen

In diesen Abschnitten sollen die Schüler (noch einmal) an die systematische Projektarbeit herangeführt werden. Der Projektablauf wird mit einem Projektbeispiel verdeutlicht, gefolgt von weiteren Projektideen, die als Anregung für die Weiterentwicklung vorgestellt werden.

Ziel ist es, sich einem relativ abstrakten Thema zu nähern, bei dem nicht der Werkstoff im Vordergrund steht.

Aufgaben bearbeiten

Hier sollen die Schülerinnen und Schüler zum Thema gehörende wichtige Aufgaben selbstständig bearbeiten, um so Einblicke in das Thema zu gewinnen und die eigenen Kompetenzen zu stärken.

Versuche durchführen

In diesem Abschnitt werden grundlegende Versuche vorgestellt, die unabhängig vom konkreten Einstieg für das Thema wichtig sind. Die Versuche sollten möglichst situativ problemorientiert in arbeitsteiligen Gruppen durchgeführt werden. Sie dienen auch dazu, Sachinformationen und grundlegende Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten für die Bearbeitung des Themas bereitzustellen.

Informationsteil

Im Informationsteil sind verschiedene Informationen zusammengetragen, die bei der unterrichtlichen Behandlung des jeweiligen Themas wichtig sind. Hier wurde bewusst darauf geachtet, dass auch neuere Entwicklungen berücksichtigt werden. Das ausführliche Stichwortverzeichnis am Ende des Heftes erleichtert die Erschließung.

Der Informationsteil kann sowohl zur Anfertigung von Referaten als auch einfach als Nachschlagewerk genutzt werden.

Berufe

Auf der Doppelseite wird der berufsorientierende Aspekt des jeweiligen Themas dargestellt. Ausgewählte Berufe werden kurz in Text und Bild vorgestellt. Besonderer Wert sollte auf die eigenständige Beschaffung von zusätzlichen Informationen gelegt werden. Betriebserkundungen unter beruflichen Aspekten können diesen Komplex abrunden. Die Bundesagentur für Arbeit bietet im Internet weitere Informationsmöglichkeiten und regionale Ausbildungsstellenangebote.

Anmerkungen zu Grundsätzen des Technikunterrichts

Ziele

Obwohl es im deutschsprachigen Raum mehrere konkurrierende Auffassungen von Technikunterricht gibt, kann für den jetzigen Stand der fachdidaktischen Diskussion für alle Ansätze Folgendes festgehalten werden: Technikunterricht soll den Menschen befähigen, sich in der Welt zurechtzufinden und sie zu gestalten. Weil diese Welt nicht mehr ausschließlich naturwüchsig, sondern in starkem Maße technisch geprägt ist, ist dazu vor allem notwendig:

- die Fähigkeit zur realistischen Wahrnehmung der Welt (Analyse von Sachverhalten, z. B. unter den Kategorien: Ursache - Wirkung, Mittel - Zweck)
- die Fähigkeit, zweckangemessen zu handeln (zielorientiert, human, aufwandsökonomisch, ressourcenschonend, ...)
- die Fähigkeit, wertorientiert zu urteilen (Zielprioritäten erstellen, Gewünschtes anstreben, Unerwünschtes vermeiden, ...)

Daraus ergeben sich folgende Zielperspektiven des Technikunterrichts:

Zielperspektiven	
praktisch-handlungsbezogen	Aneignung grundlegender technischer Fähigkeiten und Fertigkeiten
theoretisch-strukturbezogen	Aneignung elementarer Kenntnisse zur Erschließung grundlegender, struktureller Zusammenhänge der Technik
kritisch wertungsbezogen	Gewinnung grundlegender Einsichten in die persönliche und gesellschaftliche Problematik der Technik sowie die Aneignung elementarer Fähigkeiten in der Beurteilung und Bewertung technischer Mittel und Verfahren
verhaltensbezogen	Förderung der Selbstständigkeit, Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und anderer Schlüsselqualifikationen
berufswahlbezogen	Gewinnung wichtiger Kenntnisse und Erfahrungen für die Berufswahlvorbereitung im gewerblich-technischen Bereich

Dabei kann der Technikunterricht seine Aufgabe optimal im Rahmen eines Ensembles weiterer Fächer erfüllen (z. B. Gemeinschaftskunde, Geschichte, Mathematik, Naturwissenschaften, Religionsunterricht, Sprachunterricht etc.). Je nach didaktischer Richtung sind die allgemeinen Zielsetzungen unterschiedlich akzentuiert: Liegt bei manchen der Schwerpunkt auf der Analyse von Vorgängen und Sachverhalten, so betonen andere die Gestaltungsfähigkeit von Arbeitswelt oder technischer Kultur.

Inhalte

Die spezifische Aufgabenstellung des Technikunterrichts im Rahmen des gesamten Fachangebots ist die Klärung von Entstehung, Funktion, Verwendung und Bewertung technischer Objekte und Prozesse.

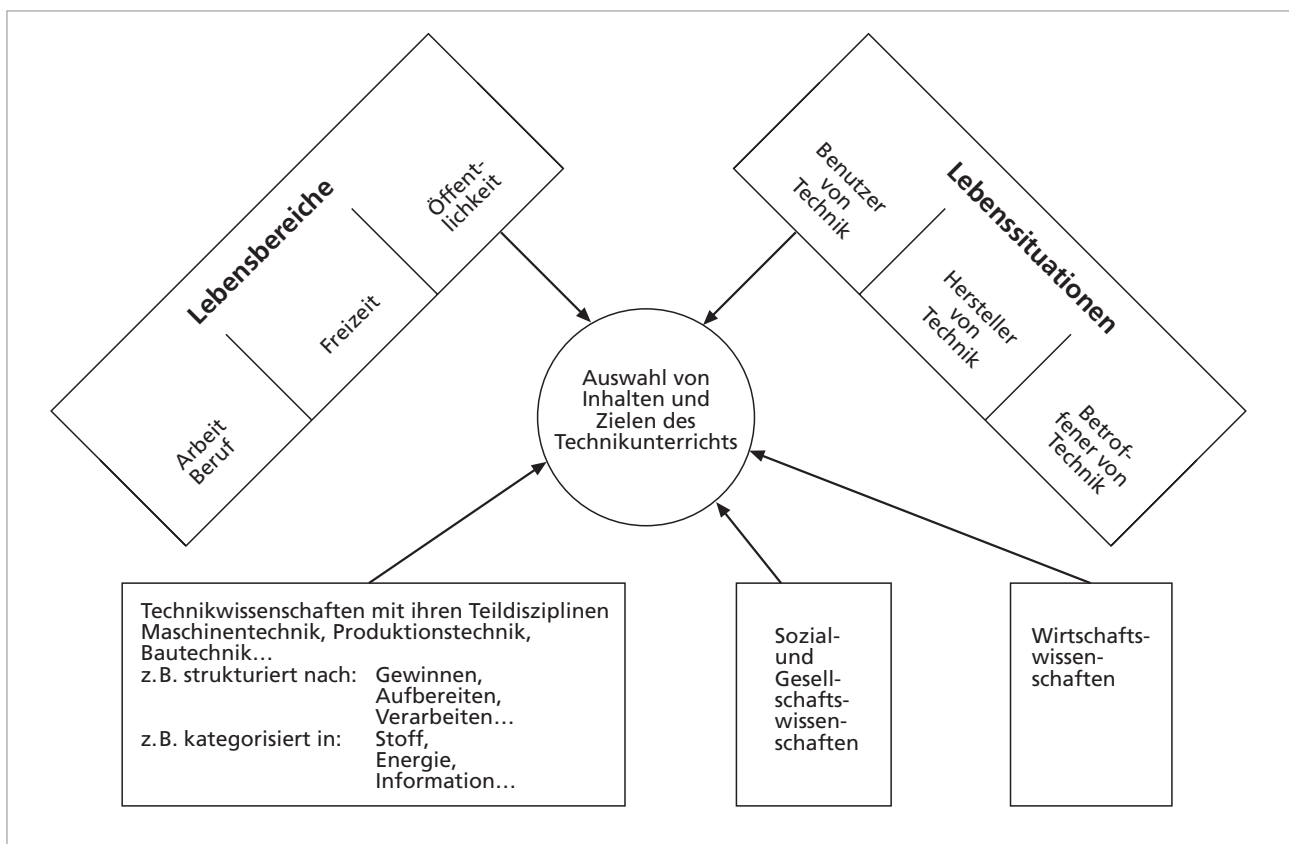
Die **Entstehung** technischer Objekte geschieht aus persönlichen oder gesellschaftlichen Bedürfnissen heraus. Die Art und Weise ihrer Ausgestaltung ist das Ergebnis von Abwägung zwischen widersprüchlichen Zielen (bei Autos z.B. widersprechen sich: Innenraumgröße, Luftwiderstand, Übersichtlichkeit, ..., aber auch: Umweltbelastung und Preis). Technikunterricht klärt darüber auf, dass es keine „richtige“ oder „falsche“ technische Lösung gibt, sondern zu bestimmten für wertvoll erachteten Zielen passende oder weniger passende Lösungen.

Die **Funktion** technischer Objekte basiert auf erkennbaren Regeln und Gesetzen. Die Kenntnis dieser Gesetzmäßigkeiten ermöglicht oft den sinnvollen Einsatz der Objekte, und ihre Kenntnis erleichtert häufig eine rationelle Verbesserung der Objekte. Technikunterricht versucht, an ausgewählten Objekten den Zusammenhang zwischen Funktion, Handhabung und Konstruktion zu verdeutlichen. Der Maßstab für die Auswahl der Inhalte ist durch Anschaulichkeit, Bedeutsamkeit und Lebensnähe festgelegt. Themen sind immer situativ bedingt und sollten einen problemorientierten, exemplarischen Ansatz haben, der die alters- und leistungsspezifischen Möglichkeiten der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt. Daher müssen die schulischen Zugangsthemen nicht unbedingt dieselben sein wie die Themen, welche die Technikdiskussion zurzeit bestimmen.

Die **Verwendung** technischer Objekte ist nur im Zusammenhang mit den Bedürfnissen des Einzelnen und der Gesellschaft zu verstehen. Die Folgen des Einsatzes von Technik (erwünschte Folgen, unerwünschte aber in Kauf genommene Folgen, nicht akzeptable Folgen, ...) für mich und andere zu erkennen und zu bewerten, sind Voraussetzungen zum verantwortungsbewussten Umgang mit Technik. Technikunterricht thematisiert daher den ökologischen, ökonomischen, verantwortungs- und sicherheitsbewussten Gebrauch von Technik und sensibilisiert für die Probleme, die aus unerwünschten Technikfolgen entstehen.

Handlungsspielräume des Einzelnen als Nutzer, als Produzent oder auch in seiner Eigenschaft als Nachfrage erzeugender Konsument werden thematisiert und mit schülergerechten Methoden eingeübt.

Die Inhalte des mehrperspektivischen Technikunterrichts werden weder allein aus einer fachwissenschaftlichen Systematik hergeleitet noch von zufälligen Situationsimpulsen bestimmt. Die Auswahl der Ziele beruht vielmehr auf einem Abwägungsprozess, der u. a. das Alter, die persönliche und gesellschaftliche Situation der Lernenden und die



Struktur der Technikwissenschaften problemorientiert berücksichtigt.

Bei diesem Abwägungsprozess werden von den Befürwortern der mehrperspektivischen Technikdidaktik die folgenden soziotechnischen Problem- und Handlungsfelder als besonders geeignet angesehen:

- Arbeit und Produktion
- Bauen und Wohnen
- Versorgung und Entsorgung
- Transport und Verkehr
- Information und Kommunikation

Leitgedanken

Methodischer Grundgedanke ist es, den Schülerinnen und Schülern zu verdeutlichen, wie man bei der Lösung technischer Aufgaben- und Problemstellungen üblicherweise vorgeht oder vorgehen sollte. Dies soll zur Verinnerlichung von techniktypischen Vorgehensweisen bzw. Arbeitsmethoden beitragen.

Für die Autoren stand dabei die Förderung bzw. Vermittlung folgender Qualifikationen im Vordergrund:

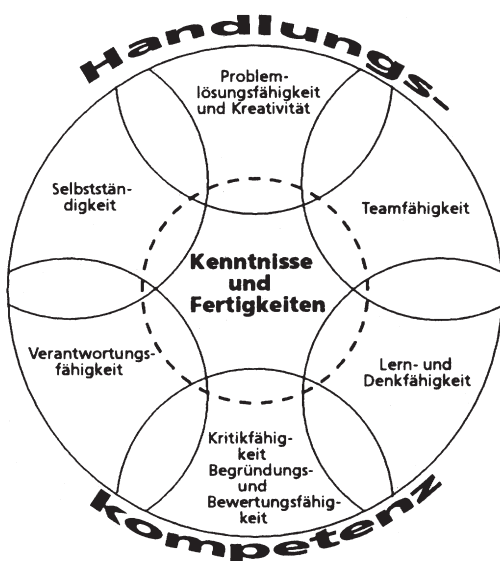
- **Selbstständigkeit**, insbesondere verstanden als Fähigkeit zum selbstständigen Planen, Durchführen, Kontrollieren, Beurteilen und Bewerten von Arbeitsprozessen und ihrer Ergebnisse.
- **Teamfähigkeit**, auch **Kooperationsfähigkeit** genannt, verstanden als Fähigkeit, sich in Gruppenarbeitsprozessen aktiv und konstruktiv einzubringen.
- **Kreativität** und **Problemlösungsfähigkeit**, verstanden als Fähigkeit, Probleme zu erkennen, Ideen zu entwickeln und Vorschläge zur Problemlösung zu unterbreiten.
- **Verantwortungsbewusstsein** bzw. **Verantwortungsfähigkeit**, verstanden als Fähigkeit, Verantwortung und Mitverantwortung im jeweils angemessenen Rahmen zu übernehmen.
- **Kritikfähigkeit** sowie **Begründungs- und Bewertungsfähigkeit**, verstanden als Fähigkeit, eigene und fremde Arbeitsweisen und Arbeitsergebnisse kritisch zu hinterfragen und sachlich zu begründen und zu bewerten.

Zusätzlich sei auch noch eine Schlüsselqualifikation genannt, die generell für Schule und Unterricht und damit auch für den Technikunterricht bedeutsam ist:

- **Lern- und Denkfähigkeit**, verstanden als Fähigkeit, das eigene Lernvermögen weiterzuentwickeln, sowie als Fähigkeit, in Zusammenhängen und Systemen zu denken und zu handeln.

Charakteristische **Methoden** des Technikunterrichts vermitteln Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Einstellungen. Dabei ist ihre zweifache Funktion von Bedeutung:

- Zum einen erschließt das Vorgehen nach bestimmten Methoden einen von der gewählten Methode beeinflussten Ausschnitt des bearbeiteten Inhalts (Inhaltsorientierung).
- Zum anderen können durch die Auswahl bestimmter Inhalte Methodenkenntnisse vermittelt werden (Methoden- bzw. Prozessorientierung).



Methoden

Methode	Charakterisierung
Konstruktionsmethode	konstruktive Problemlösungen (er-)finden technische Objekte ganz oder teilweise nach eigenen Vorstellungen und selbst erstellten Arbeitsunterlagen – entwerfen – zeichnen – planen – fertigen – optimieren
Fertigungsmethode	technische Objekte nach vorgegebenen Beispielen oder Zeichnungen und ggf. weiteren Arbeitsunterlagen planen und fertigen
Technisches Experiment	Arbeitshypothesen aufstellen und prüfen Zusammenhänge erforschen und darstellen Ergebnisse nutzen (Optimierungsexperiment, Parameteruntersuchung)
Technische Analyse	Objekte/Produkte und Arbeitsprozesse – beobachten – analysieren – beurteilen (Produkt-, Objekt-, System-, Prozess-, Bildanalyse; Gebrauchswertanalyse/Test, Fehlersuche mit Reparatur)
Lehrgang	über Zusammenhänge informieren (Lehrende), systematisch Kenntnisse und Fertigkeiten – vermitteln (Lehrende) – erarbeiten, aneignen (Lernende)
Leittextmethode	selbstständig – vorgegebene Arbeitsunterlagen (Leittexte) auswerten – Kenntnisse und Fertigkeiten aneignen
Mindmapping, Begriffsnetz, Clustern	Erstellung eines begrifflichen Beziehungsgeflechts zu einem Themenbereich, z. B. W-Fragen-Netz
Black-Box-Methode	Überprüfung eines unbekanntes Objekts mithilfe der Eingangs- und Ausgangsgrößen
Brainstorming	Ideen und Lösungsvorschläge – sammeln – protokollieren – bewerten – auswählen
Analogiemethode	vorhandene Lösungen aus Natur und Technik sammeln und nutzen
Variationsmethode	vorhandene Merkmale einer Ausgangslösung so verändern, dass dadurch neue Lösungen entstehen
Generationsmethode	Vergleich von Lösungen aus verschiedenen technischen Generationen, historische/ältere technische Entwicklungen auf Verwendbarkeit, Entwicklungsfähigkeit und Optimierungsmöglichkeiten untersuchen und Ergebnisse nutzen Entwicklungs- und Entstehungsgeschichte für die eigene Entwicklung auswerten und nutzen
Kombinationsmethode	Kombinieren verschiedener Ausführungen und konstruktiver Problemlösungen zu neuen Lösungen und deren Auswertung in einer Matrix
Bewertungsmethoden	Dualbewertung: Es gibt nur zwei Wertigkeiten (z. B. ja/nein) gestufte Bewertung: so genanntes k-o-System Punktbewertung: jeder Lösung werden Punkte zugeordnet
Modellmethode	Herstellung eines funktionsfähigen Modells zur Erprobung der gewünschten/geforderten Funktionen und/oder Durchspielen eines Gedankenmodells

Methoden	Charakterisierung
Erkundung	Erkundungen von Betrieben, Objekten oder Prozessen – vorbereiten – durchführen – auswerten – Ergebnisse/Erkenntnisse präsentieren
Expertenbefragung	Erkundung durch Befragung (persönlich oder Fragebogen), Interview von Fachleuten in der Schule oder vor Ort
(3-)Stufen-Methode	Fertigkeiten – vormachen/demonstrieren – nachmachen – üben/anwenden
Planspiel	in simulierten, komplexen Situationen die Position von Entscheidungsträgern übernehmen, Sachverhalte analysieren und Lösungsstrategien entwickeln
Fallmethode	wie Planspiel, allerdings an einem vorgegebenen fiktiven oder realen Fall
Projekt	komplexe technische Themen umfassend bearbeiten unter Anwendung verschiedener Informationsquellen, Methoden, Arbeitsweisen, ...
Präsentationsmethoden	über Sachverhalte oder Situationen informieren Bericht, Vortrag bzw. Referat, Protokoll, Facharbeit, Dokumentation – vorbereiten – anfertigen bzw. vortragen – dokumentieren
Unterrichtsgespräch	Sachverhalte und/oder Situationen besprechen bzw. diskutieren

In der sich rasch verändernden Welt ist es notwendig, die Methodenkompetenz zu stärken. Da Methoden und Inhalte weder gedanklich noch praktisch voneinander zu trennen sind, ist die Auswahl der Inhalte nie bedeutungslos. Dies gilt auch dann, wenn die Beherrschung von Methoden zum Inhalt des Unterrichts erklärt wird. Je nach didaktischem Ansatz stehen die Inhalte oder die Methoden im Vordergrund. Der zweck- und zielgerichtete Technikunterricht ist in der Lage, techniktypische, finalorientierte Methoden, die der Bewältigung von technischen Problemsituationen und einer Orientierung in einer technisierten Welt dienen, zu vermitteln.

„Um die vielfältigen Aufgaben, die in der Technik gestellt werden, zu lösen, haben sich spezifische Vorgehensweisen entwickelt. Soll der Schüler die technisierte Welt verstehen, ja sogar verantwortungsvoll mitgestalten, so braucht er neben Kenntnissen über den technischen Prozess und die technischen Handlungen ansatzweise auch spezifisches Können, um mit Technik umzugehen.“¹

Schülerinnen und Schüler benötigen, um sich in dieser Welt zu orientieren, eine umfassende Handlungskompetenz, die sich aus prozeduralem Können, transferfähigem intelligenten Wissen, der Fähigkeit zum vernetzten Denken und einem flexiblen Methodenrepertoire zusammensetzt.

Konstruktionsmethode²

Bei der Konstruktionsaufgabe wird das Interesse der Lerngruppe auf die Lösung einer technischen Problemstellung gerichtet. „Der Lehrende sollte deshalb die Lernenden in Problemsituationen versetzen, die als Unbekanntes gerade das enthalten, was im Technikunterricht Gegenstand der Aneignung werden soll.“³ Die problemorientierte – zukünftige Lebenssituationen antizipierende – Problemstellung soll die Schülerinnen und Schüler dazu anregen, technisches Denken und Handeln an einer überschaubaren Problematik zu entwickeln und einen Erfindungsprozess einzuleiten, der zu einem funktionstüchtigen Modell führt. Beim Umgang mit Technikgeschichte sind hier Probleme gemeint, die für die Schülerinnen und Schüler akut vorhanden, aber natürlich schon in der Historie bewältigt worden sind.

Da die Konstruktionsmethode vom finalorientierten Planen, Entwerfen und Konstruieren, Optimieren und Bewerten geprägt ist, erfordert sie ein hohes Maß an eigenständiger Bearbeitung. Dies betrifft nicht nur die problemangemessene Informationsbeschaffung, sondern auch die Überprüfung der verschiedenen Problemlösestrategien und Lösungsmöglichkeiten.

¹ HENSELER/HÖPKEN: Methodik des Technikunterrichts, Bad Heilbrunn 1997, Seite 37

² vgl. SCHMAYL/WILKENING: Technikunterricht, Bad Heilbrunn, 1995, Seite 150 f.

³ HILL, B.: Erfindendes Lernen und Analogiebildung, in: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, Nr. 95, 2000, Seite 13

Phasen der Konstruktionsmethode

Aufgabe/Bedürfnis technische Problemstellung Sonderfall
Planung Klärung der Problemstellung Informationssammlung
Konzeption
Erfindungsprozess Problemlösungsprozess als dynamischer Denkprozess durch:
Antizipation
Lösung Idee, origineller Entwurf, technischer Gegenstand
Entwurf Zeichnung, Berechnung, Gebrauchseigenschaften
Ausarbeitung Dimensionierung, Optimierung, Fertigung von Modellen/Prototyp
Fertigung Produktfertigung
Erprobung und Beurteilung Auswertung Optimierung

Phasen der Fertigungsmethode

Stellen des Fertigungsauftrags	
Zeichnung Konstruktionsergebnis Muster verbale Beschreibung	
Klären des Fertigungsauftrags	
Analyse der Aufgabe Voraussetzungen der Gruppe klären	
Konzipieren der Fertigung	
Materialien	Stückliste Materialbedarf Kosten Einkaufsliste
Verfahren	Ökologie Rationalisierung
Fertigungsabläufe	Arbeitsablaufplan Schritte der Fertigung Reihenfolge der Fertigung
Fertigungsmittel	Werkzeuge und Maschinen
Organisation	
Listen, Diagramme, Montagepläne, Material- und Werkzeugliste, Fertigungsübersichten	
Vorbereiten der Fertigung	
Kenntnisse und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler auf das notwendige Niveau heben	
Arbeitshilfen	Schablonen Formhilfen Anschläge, Montagehilfen Prüfwerkzeuge
Ausführen der Fertigung	
Werkstattprinzip	Werkbankprinzip
arbeitsteilig	arbeitsgleich
handwerklich	industriell
UNFALLVERHÜTUNG	
Auswerten und Bewerten der Fertigung	
rückblickend überdenken, Erfahrungen und Einsichten formulieren, Vergleiche ziehen, bewerten	
TECHNIKBERICHT	

Fertigungsmethode⁴

Das Fertigen und Produzieren von Gegenständen nach Entwürfen ist fester Bestandteil des Technikunterrichts. In der Technikgeschichte liegt der Schwerpunkt auf der Informationsentnahme aus der historischen Abbildung oder Zeichnung sowie der Konzeption des Fertigungsablaufs. In diesem Planungskonstrukt gilt es, den Einsatz von Werkstoffen, Werkzeugen, Maschinen, Hilfsmitteln und Fertigungsverfahren zeitökonomisch und problemangemessen aufeinander abzustimmen. Es ist selbstverständlich, dass die Auswahl von Material und Werkzeug ebenso von Bedeutung ist wie die Darstellung, Begründung und Bewertung von Arbeitsergebnissen eingeschlossen ist.

⁴ vgl. SCHMAYL/WILKENING: Technikunterricht, a. a. O., Seite 152 f.

Technisches Experiment

Gerade bei den vielen Unsicherheiten beim Nachbau von historischen Vorrichtungen, Geräten oder Maschinen ist es wichtig, sich der experimentellen Methoden zu bedienen, um technologische Teilerkenntnisse zu sichern.

In der experimentellen Tätigkeit erwerben die Schülerinnen und Schüler technologische Kenntnisse und Einsichten durch selbsttätiges Forschen. Forschen stellt das Bindeglied zwischen den Phasen Planung und Fertigung dar. „Das Wesen des Forschens (liegt) schon in dem Vorhaben, etwas untersuchen zu wollen ... (selbst, wenn es anderen schon bekannt ist).“⁵

Im Gegensatz zu den Naturwissenschaften ist die Fragestellung hier nicht kausalorientiert, sondern stärker durch die Finalorientierung der Technik bestimmt. Technische Experimente sind Mittel der Entwicklung von realen Problemlösungen, sie beziehen sich grundsätzlich auf offene Systeme und müssen Störfaktoren einrechnen. Genau das wollen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen nicht. Ein derartiges Vorgehen wird als Fehler beim Experiment angesehen.

Beim Forschen sollen Theorie und Praxis verbunden, zweckorientierte Fragestellungen durch Untersuchungen bewiesen und in einem Auswertungsprozess gesetzmäßige Zusammenhänge erkannt werden.⁶ Der Verflechtung von Theorie und Praxis kommt im Technikunterricht eine besondere Bedeutung zu, denn reine Theorie kann zur Unverbindlichkeit und Beliebigkeit neigen, weil die Notwendigkeit des praktischen Nachweises wie der Machbarkeit, Haltbarkeit, Betriebssicherheit fehlt. Bloße Praxis bewegt sich dagegen im ziellosen Herumprobieren. Die Schülerinnen und Schüler erkennen im Experiment zwangsläufig die Notwendigkeit von Theoriekenntnis, wenn nicht eine unbegrenzte Zahl an Versuchen durchgeführt werden soll.

Ein solcher Lernprozess ist durch Phasen konsistenten Denkens auf der einen und Widersprüche entdeckenden und auflösenden Denkens auf der anderen Seite gekennzeichnet. SCHMAYL/WILKENING formulieren: „Das technische Experiment dient der Sicherung von technologischen Teilerkenntnissen als Voraussetzung für die Realisierung zweckdienlicher Funktionszusammenhänge.“ „Im technischen Experiment werden technologische Kenntnisse und Einsichten forschend durch Selbsttätigkeit erworben.“⁷ Planmäßiges Vorgehen, Konzentration, zielgerichtete Untersuchung und Finalorientiertheit stehen damit im Vordergrund des technischen Experiments.

Phasen des Technischen Experiments

Fragestellung als Einstieg
Hypothesenbildung
Versuchsplanung
Durchführung des Experiments
Auswertung

Analogiemethode

Die Analogiebildung ist eine grundlegende Methode zur Gewinnung von Lösungsideen. Die Verknüpfung von Unbekanntem mit Bekanntem erleichtert das Verstehen. „Mit der Analogiemethode wird das Ziel verfolgt, in den Bereichen der Technik und Natur funktionelle und/oder strukturelle Merkmale nach dem Prinzip der Ähnlichkeit aufzudecken und für die Problemlösung zu nutzen.“⁸ Sie ist eine Methode zur gezielten Ideenfindung.

Funktionierende Systeme aus der Natur oder der Technik werden untersucht, um daraus Lösungen abzuleiten. Es wird bei der Analogiebildung nach der strukturellen oder der funktionellen Analogie unterschieden. Unter einer strukturellen Analogie wird die völlige oder teilweise Übereinstimmung der Struktur verstanden. Dagegen liegt die funktionelle Analogie dann vor, wenn die betrachteten Systeme zwar strukturelle Unterschiede aufweisen, aber in der Funktion identisch sind.⁹

⁵ BENJES, H.: Erfinden, Forschen, Konstruieren, Bad Heilbrunn 1974, Seite 25.

⁶ Vgl. WILKENING, F.: Unterrichtsverfahren im Lernbereich Arbeit und Technik, Ravensburg 1980, Seite 68

⁷ SCHMAYL/WILKENING: Technikunterricht, a. a. O., Seite 154

⁸ HILL, B.: Didaktische Modellierung von Erkenntnisprozessen im Technikunterricht, in: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, Nr. 82, 1996, Seite 6

⁹ HILL, B.: Naturorientiertes Lernen, Aachen 1996, Seite 6 f.

Generationsmethode¹⁰

Sie dient der anschaulichen Darstellung einer historischen Entwicklungslinie eines technischen Systems. Aus ihr werden dann Lösungen oder Ideen für neue technische Systeme gewonnen.

Ausgehend vom heutigen Stand der Technik werden historische Vorläufer des Objekts zusammengetragen und in einer Tabelle chronologisch geordnet. Der Vergleich der einzelnen Generationen zeigt Trends oder Entwicklungslinien auf, die unter Umständen für heutige Entwicklungen genutzt werden können. Generationsbetrachtungen können auch auf die Natur ausgedehnt werden. Beispiele für eine Generationsbetrachtung wären:

- Von der Trommel zum Mobiltelefon
- Vom Waschbrett zum Vollautomaten
- Vom Fiedelbohrer zur CNC-Maschine
- Von der Nadel zur elektronischen Nähmaschine
- Vom Spinnrad zum Webautomaten
- ...

Erkundung/Exkursion

Es muss für die Lehrerinnen und Lehrer selbstverständlich sein, dass im Rahmen einer Unterrichtseinheit die reale Begegnung fest verankert ist und dass Schule nicht am Schulort endet, sondern andere Lernorte aufgesucht werden müssen.

Die Aktivierung der Schülerinnen und Schüler beginnt im Planungsstadium, das heißt, die Schülerinnen und Schüler werden an der Planung der Lernziele und der Erkundungsaufgaben aktiv beteiligt. Diese motivierende Kraft muss positiv auf den Unterricht wirken. Der Reiz des Neuen, die Erfahrung der technischen Realität sind lernfördernde Komponenten im Unterricht.

Eine Exkursion soll den Bezug zwischen dem Unterricht und dem zu erschließenden Anwendungsfeld veranschaulichen, ergänzen und vertiefen. In diesem Sinne kann die Exkursion eingesetzt werden, um die vorher im Unterricht gewonnenen Einsichten und Erkenntnisse an den tatsächlichen Gegebenheiten z.B. eines Industriedenkmals zu überprüfen.

Sie kann aber auch eine Unterrichtssequenz einleiten, indem sie auf historische Probleme aufmerksam macht und zu ihrer theoretischen Aufarbeitung im Unterricht anregt.

Im Gegensatz zum Projekt, das in einem fachübergreifenden Zusammenhang steht und produktiv angelegt ist, bezieht sich die Exkursion auf ein komplexes Situationsfeld, wie es eine real-technische historische Anlage darstellt, und ist daher analytisch bestimmt.

Um der Gefahr zu begegnen, dass die Schülerinnen und Schüler durch die Flut der auf sie einströmenden Eindrücke technische und sozio-technische Strukturen kaum erkennen können, muss eine Exkursion mit den Schülerinnen und Schülern sorgfältig vor- und nachbereitet werden. Dabei sind etwa folgende Arbeitsschritte denkbar:

Die Erkundung oder Exkursion muss nicht immer zu einem Realobjekt oder einem Industriedenkmal erfolgen, sie soll auch Museen¹¹ aufsuchen oder kann virtuell¹² am Computer vorbereitet werden oder auch online erfolgen.

Planungsphase
Exkursionszweck Fragestellungen des Unterrichts Auswahl des Exkursionsziels Absprachen über Erkundungsstationen Beobachtungsaufgaben Fragenkatalog Gruppeneinteilung
Durchführung
Information über sicherheitstechnische Vorkehrungen Ausführung der Erkundungsaufträge
Auswertung und Beurteilung der Exkursion
Ausarbeitung der Informationen Zusammenfassung der Erkundungsergebnisse Vorbereitung einer Ausstellung Reflexion im Hinblick auf die gestellten Ziele

¹⁰ HILL, B.: Didaktische Modellierung von Erkenntnisprozessen im Technikunterricht, in: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, Nr. 82, 1996, Seite 5 f.

¹¹ FILSLAKE, M.: Lernort Technik-Museum, in: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, Nr. 82, 1996, Seite 12–19

¹² Vgl. FILSLAKE/WAMBACH: Virtuell Betriebs erkundung vorbereiten, in: Unterricht Arbeit + Technik, Nr. 6, 2000, Seite 20–23

Szenario-Methode

Das Szenario passt nicht ganz in den Rahmen der Strukturierung der Methoden (siehe Tabelle Seite 6/7).

Die Szenario-Methode bedient sich letztlich vieler der vorher beschriebenen Methoden, sie ist ein methodisches Werkzeug um wirtschaftliche und gesellschaftliche Probleme zu analysieren. Aus der Analyse wird mithilfe der gewonnenen Erkenntnisse eine Zukunftsvision entwickelt, die einer wahrscheinlichen Entwicklung sehr nahe kommen soll. Dazu ist es notwendig ein positives und ein negatives Extremszenario zu entwerfen, aus dem dann das Trendszenario herausgearbeitet wird.

Entscheidend für den Einsatz der Szenario-Methode im Technikunterricht ist, dass alle Bereiche zunehmend komplexer werden und sich einer Veranschaulichung entziehen, das betrifft beispielsweise die Kommunikationstechnik, die Mikro-technik wie auch die Verkehrs- und Autotechnik.

Trotzdem wird erwartet, dass technische Entwicklungen bewertet werden können, ohne die technischen Details zu kennen oder kennen zu müssen.

Ein Szenario entwickeln

Mithilfe der Szenario-Methode soll von der vertrauten jetzigen Welt ausgehend, eine möglichst genaue Vorstellung von der Zukunft entstehen.

Sich eine Zukunft vorzustellen heißt, die Entwicklungen der nächsten 5, 10, höchstens 20 Jahre möglichst genau vorauszusagen.

Das bedeutet natürlich, dass man sich mit einem Thema eingehend beschäftigen muss. Ohne die aktuellsten Informationen kann man kaum vorhersehen, wie sich etwas entwickeln könnte. Dabei darf auch nicht vergessen werden, dass es nie eine Einbahnstraße beim Denken geben darf, denn viele verschiedene – manchmal kaum vorstellbare – Dinge können Einfluss auf die Zukunft nehmen.

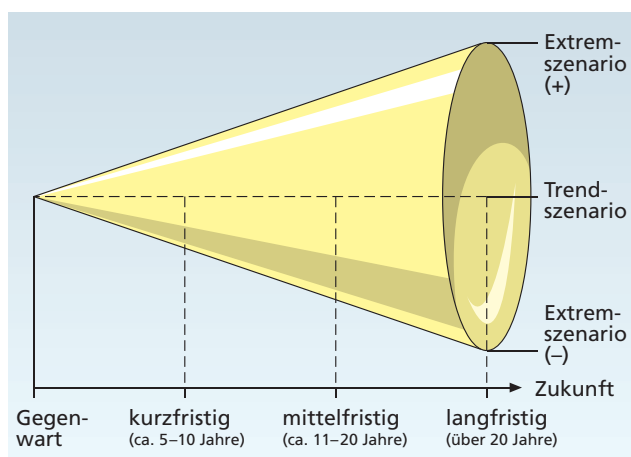
Es werden immer zwei Szenarien entwickelt:

Positives Extremszenario: die günstigstmögliche Zukunftsentwicklung (best-case-scenario)

Negatives Extremszenario: die schlechtestmögliche Zukunftsentwicklung (worst-case-scenario)

Daraus entsteht ein **Trendszenario**, das den wahrscheinlichen Mittelweg bei der Entwicklung der Zukunft darstellt.

Dieses Trendszenario muss zum Abschluss präsentiert werden. Es soll eine möglichst aussagekräftige, vorstellbare Vision vorgestellt werden. Die Zuhörer oder Betrachter müssen sich in die Situation hineinversetzt fühlen. Letztendlich verfolgen die Entwickler bzw. Auftraggeber eines Szenarios bestimmte Ziele und dafür muss Überzeugungsarbeit geleistet werden.



Arbeitsschritte:

1. Thema eingrenzen
2. Zeitraum festlegen
3. Informationen sammeln
4. Unterschiedliche Sichtweisen beachten
5. Extremszenarien entwickeln
6. Trendszenario entwickeln
7. Trendszenario präsentieren

Didaktische und methodische Hinweise und Empfehlungen zum Arbeitsteil

Bautechnik im Alltag

(Themenheft Seite 4 bis 5)

Die Abb. zeigen sehr unterschiedliche Bauwerke und die Vielfalt der verwendeten Baumaterialien.

Ein Interesse der Kinder/Jugendlichen am Thema Bautechnik ist meistens vorhanden. Alle haben Kenntnisse und Erfahrungen, die mindestens aus der Nutzung des eigenen Hauses oder der eigenen Wohnung, dem Besuch öffentlicher Gebäude oder dem Besichtigen historischer Bauwerke stammen. Durch Urlaubsreisen kennen sie oft auch ländertypische Besonderheiten beim Errichten und Nutzen von Gebäuden und Bauwerken.

Damit erschöpfen sich die Erfahrungen in der Regel – das aktive Handeln einer Schülerin, eines Schülers beschränkt sich auf die Nachgestaltung von Bauwerken mittels Modellen oder das Bauen einfacher Tragwerke, z. B. einer einfacher Brückenkonstruktion.

Die Bilder zeigen noch einmal die verschiedenen Bauwerke und ihre unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten.

Die Zielangaben, Bauzeichnungen und Bauplanungen zu verstehen, die Ver- und Entsorgung eines Gebäudes nachzuvollziehen, verschiedenartige Konstruktionen und Bauweisen kennenzulernen machen deutlich, warum im Technikunterricht das Thema Bautechnik behandelt werden sollte. Ein Brainstorming zum Thema Bautechnik würde die Vielfältigkeit der Schülerideen und Verknüpfungen aufzeigen.

Ziel dieser Diskussion sollte sein, dass die Lernenden verschiedene Faktoren und Bereiche der Bautechnik und des Bauwesens benennen können und ihnen bewusst wird, wo sie (früher oder später) selbst Einfluss nehmen könnten. Möglich ist auch, dass die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass sie eigentlich nur die „User“ sind. Gerade dann ist es wichtig zu zeigen, dass der Bürger und die Bürgerin auch in diesem Bereich politische und wirtschaftliche Einflussmöglichkeiten haben.

Das Thema Bautechnik ist extra weit gefasst, damit verschiedene Interessen verfolgt werden können: Gestaltung von Verkehrswegen und deren Planung, technische Entwicklungen in Gebäuden und Bauwerken, Auswirkungen des Bauens, Umweltaspekte.

Projektarbeit

(Themenheft Seite 6 bis 9)

Auf den Seiten 6 bis 9 des Themenheftes versuchen die Autoren den Schülerinnen und Schülern die Projektarbeit noch einmal für den Technikunterricht vorzustellen. Noch einmal deshalb, weil die Schülerinnen und Schüler viele Methoden bereits aus der Grundschule und aus anderen Fächern kennen, dort aber meist ohne praktischen Anteil an der Arbeit.

Vorab (was eigentlich jeder weiß): Kein Projekt gleicht dem anderen. Selbst das gleiche Projekt wird zu einem anderen Zeitpunkt mit anderen Schülerinnen und Schülern völlig anders aussehen.

Das Projekt „Bauwerksplanung“ gibt es nicht – es kann nur Teilaspekte aus dem Bereich geben, die genauer betrachtet werden.

Dem Lehrer kommt die Rolle des Beraters zu, der in die Gruppenbesprechungen „hineinhören“ muss, um den aktuellen Stand der Arbeit zu kennen. Der Wissensvermittler rückt in den Hintergrund – der Berater in den Vordergrund. Er/Sie stellt Material, gelegentlich Informationen zur Verfügung und überprüft als letzte Instanz den Zeit- und Aktionsplan.

Aufbau der Seiten 6 bis 9 im Themenheft:

In der oberen Hälfte der Seiten befindet sich immer die allgemeine Beschreibung eines Projektablaufs. In der unteren Hälfte finden die Schülerinnen und Schüler ein Beispiel für die praktische Umsetzung.

Auf eine vielschrittige Planung wurde bewusst verzichtet, da das zum einen dem Sinn des Projekts widerspricht und nicht genug Freiraum für die eigenen Ideen lässt. Zum anderen hat sich in der Arbeit mit Schülern gezeigt, dass sich die Schülerinnen und Schüler gern an vorgegebene Schritte „klammern“. Sie sind häufig nicht in der Lage nicht benötigte Schritte zu überspringen oder einfach nur die Reihenfolge den Erfordernissen anzupassen.

Drei Oberpunkte sind jedoch für jedes Projekt notwendig und überschreiben die einzelnen Absätze:

Projekt planen – Projekt durchführen – Projekt präsentieren und auswerten.

Projekt planen

Mit der Planung steht und fällt jedes Projekt. Deshalb muss genau festgelegt werden, was die Schülerinnen und Schüler machen wollen oder sollen.

Dazu müssen sich die Schülerinnen und Schüler auf einen Teilbereich der Bauwerksplanung festlegen. Je nachdem, wie offen Sie die Themenwahl halten wollen, machen Sie Vorgaben. Entscheiden Sie vorher, ob die Projektarbeit einen praktischen Anteil haben soll oder ob es „nur“ um eine Präsentation gehen soll.

Aus Sicht der Schülerinnen und Schüler ist der praktische Anteil nur dann gegeben, wenn etwas hergestellt wird. Es ist im Technikunterricht müßig darüber zu diskutieren, dass eine Präsentation ein praktisches Ergebnis ist. Das stimmt für Deutsch oder Geografie, aber nicht für Technik oder auch Kunst. Da steht in der SI für die Schüler meist das praktische Tun im Vordergrund.

Nebenbei bemerkt ist das aus Sicht der Autoren auch gut so, denn der praktische Anteil des Unterrichts rückt in den allgemeinbildenden Schulen immer mehr in den Hintergrund.

Dass diese komplexe Entscheidungs-, Findungsphase nicht in Einzelarbeit gemacht werden sollte, muss hoffentlich nicht erläutert werden.

Die zentralen Planungspunkte können die Schülerinnen und Schüler (und der Lehrer/die Lehrerin) auf den Seiten 6 und 7 finden.

Am Ende der Planung muss ein verbindlicher Zeit-/Aktionsplan (s. S. 7 im Themenheft) stehen.

Da dieser Zeitplan aber meist nicht so eingehalten werden kann, wenn sich beispielsweise technische Probleme einstellen, sollte immer eine Zeitreserve eingeplant werden. Für jeden sollte erkennbar sein, welche Arbeit bis wann abgeschlossen sein muss.

Verschiebungen des Plans müssen gemeinsam für alle erkennbar besprochen werden.

Projekt durchführen

Nach der Planung wird das Projekt durchgeführt – das können Recherchen sein, eine praktische Arbeit oder auch beides. Natürlich sind dann die entsprechenden Rechercheregeln oder/und Regeln zur Herstellung eines Produktes zu beachten.

Die Abläufe werden die Schülerinnen und Schüler aus ihren vorherigen Erfahrungen kennen.

Detailliert beschrieben wird die Produktherstellung in den Themen- und Lehrerheften Holz oder Metall.

In dieser Phase ist der Lehrer eindeutig der Berater und übergeordneter Koordinator. Er muss den Überblick behalten, wie weit die einzelnen Teams (gemäß der eigenen Planung) sind. Insbesondere ist das Augenmerk auf die besonders langsamen bzw. sehr schnellen Teams zu richten. Die langsamen können mit gezielten Tipps zu einer schnelleren Arbeit gebracht werden und die schnellen eventuell auf eine höhere Qualität verwiesen werden.

Projekt präsentieren und auswerten

Am Ende steht die Präsentation – mindestens im Rahmen der Klasse/des Kurses müssen die Teams ihr Projekt detailliert vorstellen und erläutern.

Wenn es eine Möglichkeit gibt einen größeren Rahmen zu finden, wie den Elternsprechtag, ein Schulfest oder eine Vitrine im Schulgebäude, ist eine bessere Motivation für eine qualitativ höherwertige Präsentation gegeben.

Man kann die Projekte auch auf der Schulhomepage veröffentlichen.

Eine kurze Abschlussbesprechung über den Verlauf des Projekts und der „Knackpunkte“ ist hilfreich für einen optimierten Ablauf des nächsten Projekts. Das gilt für die Schüler genauso wie für die Lehrer.

Anmerkung:

Projekte sind immer unterschiedlich – eines haben sie häufig gemeinsam:

Die Schülerinnen und Schüler haben wenig Neigung einen Zeit- und Aktionsplan zu erstellen, zumal ja alles gut zu überblicken ist. Gleiches gilt für die Abschlussbesprechung, denn dann ist ja alles fertig.

Trotzdem sollten Sie diese Punkte nicht vernachlässigen – je früher die Schüler damit beginnen, vielleicht nur in Teilbereichen – desto eher werden sie zukünftig selbstständiger mit den Projekten umgehen können.

Projektideen

(Themenheft Seite 10 bis 13)

Die Projektideen beziehen sich auf mögliche Aufgabenstellungen und schlagen vor, wie die Organisation der Arbeit erfolgen könnte. Die notwendigen Informationen müssen sich die Schülerinnen und Schüler im Informationsteil besorgen. Die Autoren haben versucht, fundamentale Probleme, die in vielen verschiedenen Aufgabenstellungen auftreten können, zu thematisieren, damit diese Hinweise bei den verschiedensten Objekten genutzt werden können.

Zerlegbare Skelettkonstruktion

Hier geht es um die Probleme, die bei der Herstellung von Verkaufsständen, Schuppen usw. entstehen. Drei Problemgruppen können bearbeitet werden:

- Fachwerk (Kräfteableitung bei minimalem Materialbedarf)
- Skelett (Kombination von Fachwerken, Ableitung der zusätzlich auftretenden Kräfte)
- Zerlegbarkeit (für den Transport zum Standort oder für nur gelegentlich gebrauchte Objekte)

Der Text auf Seite 10 müsste als Einstieg in die Organisation genügen. Wichtig ist, dass in der anschließenden Phase die Informationsquellen im Themenheft genutzt werden.

Wichtige Anregungen erhält man auch im Baumarkt, da für fast jedes Verbindungsproblem auch entsprechende Nagelverbinder angeboten werden.

Reizvoll ist es auch, traditionelle Handwerkstechniken auszuführen. Für Bauten, bei denen Wert auf ein ästhetisches Erscheinungsbild gelegt wird, sind diese Verbindungstechniken unverzichtbar.

Träger und Tragkonstruktionen

Diese Zugangsthemen sind bei vielen Kindern beliebt, weil sie in Wettbewerbsform bearbeitet werden können. Je nach Möglichkeiten der Schule können Holz- oder Metallkonstruktionen zum Einsatz kommen. Soll es nur um das experimentelle Erproben einer günstigen Stabanordnung gehen, so können auch Kartonstreifen, Kunststoff(profil)leisten oder die im Lehrmittelhandel erhältlichen Baukastensysteme wie UNISTAT verwendet werden.

Tipps und Tricks:

- Bei Parallelbinderkonstruktionen lohnt sich die Anfertigung von Vorrichtungen (z.B. um mehrere Stäbe gleichzeitig auf Gehrung zu sägen, um definierte Bohrungsabstände zu erhalten usw.) und die Mehrfachfertigung.
- Verwendet man bei unterspannten Balken sehr dünne Zugstäbe aus Rundstahl, so können diese am Ende zu einer Schleife gebogen und mit einer Schelle gegen Wiederaufbiegen gesichert werden. Für Zugseile gibt es entsprechende Teile im Eisenwarenhandel.

- Da die Montage der Spannelemente oft zu viel „Spiel“ erfordert, kann man sich mit folgenden Mitteln helfen: Spannschlösser (Baumarkt, Campingzubehör) ermöglichen, die Konstruktion unter Vorspannung zu setzen. Für dünnere Drähte gibt es ähnliche Vorrichtungen (zum Spannen von Gartenzäunen).

Modell einer Skelettkonstruktion aus Holz

Bei diesen Objekten werden die in den oben angegebenen Aufgaben gewonnenen Erfahrungen in einem Modell zusammengeführt. Beliebt sind Skelettkonstruktionen, die wie ein Fachwerkhaus aussehen. Sie können durchaus auch ästhetisch wirken. Man sollte aber darauf achten, dass die Grundprinzipien der Kraftableitung beachtet werden. Ausgangspunkt ist die Tatsache, dass Holz eine hohe Zugbeanspruchung aushält, aber auf Druckbeanspruchung schnell mit Ausknicken reagiert. Die zweite Tatsache ist, dass nur das „statische Dreieck“ starr ist. Sobald vier Stäbe oder mehr einen flächigen Verbund bilden, kann sich dieser „bewegen“, wenn er nicht anderweitig (z.B. durch Ausfachung) versteift wird.

Bei den Abbildungen auf Seite 12 erkennt man beim Bild oben links, dass mit Querstreben die Horizontalkräfte aufgenommen werden. Diese fehlen noch beim Bild unten links und beim Bild oben Mitte.

Beim Bild oben rechts erkennen die Schülerinnen und Schüler, dass die räumliche Verbindung von Fachwerken zu einem Skelett wieder dieselben Probleme aufwirft wie schon bei der flächigen Verbindung. Obwohl das Objekt aus lauter statischen Dreiecken besteht, ist es durch seine räumliche Anordnung wieder beweglich und muss z.B. gegen Kraftangriff an einer Hochkante stabilisiert werden, z.B. durch eine Diagonalstrebe in der Bodenfläche.

Hinweise zu den Arbeitsanweisungen im Heft:

- Die Form von Fachwerken an Häusern ist auch von regionalen Sitten abhängig. Sie ist daher nicht immer „optimal“ im Sinne von sparsamem Einsatz von Material, sondern soll auch „schön“ aussehen. Ein fränkisches und ein niedersächsisches Fachwerk im traditionellen Stil unterscheiden sich deutlich voneinander.
- Bei älteren Städten erkennt man manchmal an der Fachwerkkonstruktion, dass im Mittelalter Eichenholz knapp wurde und auf weniger belastbares Holz ausgewichen werden musste (z.B. Fichte, Kiefer). Man kann daher an der Ausführung des Fachwerks erkennen, ob es vor oder nach der Verknappung erbaut wurde. Hier kann ein örtlicher Fachmann (Stadtarchiv) wertvolle Hinweise geben.
- Hinweise zum Zeichnen finden die Schülerinnen und Schüler im Themenheft „Technisches Zeichnen“.

Brückenmodell mit zwei Hauptträgern

Diese Aufgabenstellung ist realitätsnäher als die übliche Formulierung, eine möglichst hohe Tragkraft der Brücke zu ermöglichen. Bei einer realistischen Problembetrachtung erkennt man, dass die Belastung der Brücke die festgelegte Vorgabe ist und die Kosten der Brücke (z. B. durch geringen Materialverbrauch) die variable Größe.

Leider ist bei Konstruktionen dieser Art oft nicht die Stabanordnung entscheidend für die Tragfähigkeit, sondern die Qualität der Verbindungstechnik. Was nutzt die beste Kraftableitung, wenn die Klebung sich löst? Es kommt also auf genaues Arbeiten und sorgfältiges Beachten der Richtung der wirkenden Kraft an.

Hinweise zu verschiedenen Lösungsmöglichkeiten finden die Schülerinnen und Schüler im Info-Teil des Buches. Aber auch jedes bessere Lexikon gibt Auskunft über Brückenkonstruktionen. Die Lernenden können sich ohne Probleme selbst mit den Grundtypen der Brücken vertraut machen. Für die Detailplanung sind Versuche und Aufgaben zur Kräftezerlegung und Belastungsversuche wie auf Seite 24/25 sinnvoll.

Schalung für Blumenkästen

Mit diesem Zugangsmodell können praktisch alle wesentlichen Probleme beim Schalungsbau und bei der Betonverarbeitung bearbeitet werden. Besonders anspruchsvoll ist die Fertigung einer wiederverwendbaren Schalung (aber: was macht man mit den vielen Blumentrögen?).

Die Informationen im Info-Teil sollten zur Klärung der Voraussetzungen vorher bearbeitet und die Experimente auf Seite 24–25 durchgeführt werden.

Die Abbildung auf Seite 13 unten zeigt eine typische Schalung für eine runde Form. Wichtig ist beim Styroporkern, dass er gut am Boden befestigt wird, sonst schwimmt er auf. Er sollte massiv sein, damit er nicht beim Verdichten des Betons zusammengedrückt wird. Selbstverständlich kann auch ein Quader aus Kunststoff (z. B. Behälter aus dem Schreibwarenhandel oder kleinere Kunststoffkisten) verwendet werden. Solche Quader sind aber schwer am Aufschwimmen zu hindern. Statt einer Befestigung am „Boden“ kann der Quader auch mit einem Abstandsklotz an einer Querleiste über dem oberen Abschluss der Schalung am Auftauchen gehindert werden. Das dabei entstehende „Loch“ ist für bepflanzte Schalungen sowieso notwendig, um Wasser ablaufen zu lassen.

Meist benötigt der Blumenkasten keine Armierung. Dass wir dennoch vorschlagen, eine Armierung einzubringen, hat seinen Grund darin, dass wir die Probleme bei der Armierung für so wichtig halten, dass wir sie auch thematisieren

würden. Es ist nicht einfach, immer den notwendigen Abstand zur Außenfläche zu halten. Hierfür gibt es beim Bau „Abstandshalter“. Wenn der Armierungsstahl zu wenig Abstand zur Außenseite hat, rostet er unter dem Einfluss des Regenwassers und führt zur Abspaltung von Beton. Die Wanddicke der Blumenkübel ist im Allgemeinen zu gering, um dieses Rosten zu vermeiden. Als Alternative zu dem recht dicken Baustahl bietet sich Kaninchendrahtgeflecht (verzinkt, Maschenweite 10 mm, punktverschweißt) an. Es kann bereits in den Versuchen erprobt werden und hat den Vorteil, dass es kaum rostet und geringere Wandstärken erlaubt. Nachteilig beim Einbringen ist allerdings die relativ geringe Eigensteife, wenn die Drahtstücke zu lang sind.

Die notwendigen Erfahrungen mit der Auftragsdicke des Schalöls (man kann auch umweltfreundliches Speiseöl oder Schmieröl auf Rapsbasis für Motorsägen nehmen) und mit den Mischungsverhältnissen von Zement, Zuschlagstoffen und Wasser sollten in Vorversuchen gewonnen werden. Besonders geeignet erscheinen uns die Fertigmischungen aus den Baumärkten; hier muss nur noch auf den Wasserwert geachtet werden. Meist ist es günstiger, etwas mehr Wasser zu verwenden. Man erhält so einen fließfähigeren Beton. Allerdings büßt man dadurch Festigkeit ein. Stampfen oder andere Verdichtungsmethoden machen den Beton auch fließfähiger.

Die Menge des Betons sollte man vorher ausrechnen. Es ist immer wieder verblüffend, wie wenig Fertigbeton eine 40-kg-Sack-Mischung ergibt (ca. 20 Liter). Ein Blumenkübel mit den Maßen 50 cm x 40 cm x 30 cm benötigt je nach Wandstärke einen ganzen Sack Fertigmischung oder mehr. Dass so ein Monstrum anschließend von einer Person praktisch nicht mehr getragen werden kann, ergibt sich von selbst.

Aufgaben bearbeiten

(Themenheft Seite 14 bis 21)

Aufgaben 1 bis 3

Die Aufgaben eignen sich als Hausaufgaben. Es sind individuelle Lösungen zu erwarten. Für einige Einrichtungsgegenstände findet man die Symbole auf der hinteren Umschlagseite des Themenhefts.

Aufgabe 4: Auswahlkriterien bestimmen

Wohnbedürfnisse, Wohnungsausstattung sowie Lage der gewünschten Wohnung sollen alternativ bewertet werden.

Aufgabe 5: Zeitungsausschnitte auswerten

Mietangebote für Wohnungen werden aus Tageszeitungen nach gemeinsam festgelegten Schwerpunkten ausgewertet. Dabei sollten die Obergrenze für die mögliche Mietbelastung, die Anzahl der möglichen Mieter sowie der Ausstattungsgrad der Wohnung vorher besprochen und anschließend festgelegt werden.

Aufgabe 6: Wohnung einrichten

Bevor der vorgegebene Grundriss skizziert wird, müssen die geltenden Zeichenregeln beim Bauzeichnen behandelt werden. Die Bautechnik-Symbole auf der hinteren Umschlagseite des Themenheftes sind für die Einrichtung der Wohnung maßstabgerecht zu verwenden.

Aufgabe 7: Mietpreis ermitteln

Ortsübliche Mietpreise können beim Mieterschutzbund erfragt und von den Schülerinnen und Schülern diskutiert werden. Dabei ist auf eine exakte Trennung des Mietpreises in Kaltmiete und Nebenkosten zu achten.

Aufgabe 8: Bebauungsplan lesen

Flächennutzungsplan: Dies ist ein Plan für alle im Zuständigkeitsbereich einer Gemeinde liegenden Grundstücke, in dem festgehalten wird, für welche Nutzung die einzelnen Grundstücke vorgesehen sind, z. B. für Wohnungen, Gewerbeflächen, land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen, Straßen, Erholungsgebiete, Wasserversorgungs- und Abwassereinrichtungen usw. Der Flächennutzungsplan ist ein vorbereitender Bauleitplan. Aus ihm wird der Bebauungsplan abgeleitet.

Bebauungsplan: Der Bebauungsplan gilt nur für einzelne Grundstücke einer Gemeinde. In ihm wird festgeschrieben, in welcher Art und Weise in diesem Teilgebiet der Gemeinde gebaut werden darf. Die entsprechenden Vorgaben können einer tabellarischen Auflistung (dem sog. Füllschema) entnommen werden, in der Abkürzungen angeben, was (baurechtlich) erlaubt ist und was nicht.

Lageplan: Der Lageplan gibt an, welche Parzellen-Nr. das Grundstück trägt, wo das Grundstück liegt und wo das Gebäude platziert werden darf bzw. muss.

- a) von Südwest nach Nordost
- b) Aus dem Füllschema des abgebildeten Bebauungsplans lässt sich Folgendes entnehmen:
 - Baugebiete A und Q:
 - Es handelt sich um reine Wohngebiete (Geschäfte und andere Gewerbebetriebe sind hier nicht erlaubt).
 - Erlaubt ist eine 1-geschossige Bauweise mit ausgebautem Untergeschoss.
 - Die Grundflächenzahl beträgt 0,3, d. h. es dürfen maximal 30% der Grundstücksfläche bebaut werden.
 - Die Geschossflächenzahl beträgt 0,5, d. h. die maximal erlaubte Wohn- und Nutzfläche darf einen Wert entsprechend 50% der Grundstücksfläche nicht überschreiten.
 - Die Wohngebäude müssen ein Flachdach haben.
 - Baugebiet N:
 - Es handelt sich um ein reines Wohngebiet.
 - Erlaubt ist eine 3-geschossige Bauweise.
 - Die Grundflächenzahl beträgt 0,3, d. h. es dürfen maximal 30% der Grundstücksfläche bebaut werden.
 - Die Geschossflächenzahl beträgt 0,8, d. h. die maximal erlaubte Wohn- und Nutzfläche darf einen Wert entsprechend 80% der Grundstücksfläche nicht überschreiten.
 - Die Wohngebäude müssen ein Flachdach haben. Es handelt sich um eine offene Bauweise.
- c) Wohnhaus
- d) 896m²
- e) Flachdach
- f) 1-geschossige Bauweise mit ausgebautem Untergeschoss
- g) Geschossflächenzahl 0,5 bedeutet, dass die erlaubte maximale Wohn- und Nutzfläche 50% der Grundstücksfläche nicht überschreiten darf
- h) Baugebiet N, 3-geschossige Bauweise
- i) Bei der offenen Bauweise werden folgende Hausformen unterschieden:

Einzelhaus: Ein allseitig freistehender Baukörper mit Abstand zu den seitlichen und rückwärtigen Grundstücksgrenzen. Das Gebäude muss sich auf einem einzigen Grundstück befinden.

Doppelhaus: Zwei Gebäude auf benachbarten Grundstücken werden durch Aneinanderbauen an der gemeinsamen Grundstücksgrenze zu einer Einheit zusammengefügt. Die beiden Häuser werden dabei baulich aufeinander abgestimmt.

Hausgruppe: Mindestens drei aneinandergebaute Häuser, welche sich jeweils auf eigenen Grundstücken befinden. Die Hausgruppe muss als Ganzes an den Kopfenden einen Abstand zu den Nachbargrenzen einhalten. Alle drei Bauweisen dürfen jeweils eine Gesamtlänge von 50 Metern nicht überschreiten. Bei der geschlossenen Bauweise werden die Baugrundstücke zwischen den seitlichen Grenzen in voller Breite

überbaut. Dabei ist eine Durchfahrt durch das Gebäude auf den rückwärtigen Grundstücksteil erforderlich, wenn dort Gebäude oder Einstellplätze vorgesehen sind.

- j) ST – Stellplätze
Ga – Garage
- k) EGGa – Erdgedeckte Gemeinschaftsgarage
- l) 449,5m²
- m)kleinkronige Bäume

Aufgabe 9: Erkundung beim Stadtplanungsamt

Da es zu jedem Bebauungsplan eine Legende gibt, in der alle verwendeten Symbole erläutert werden und sich diese Symbole zum Teil voneinander unterscheiden – eine Normung hierfür gibt es nicht –, reicht es sicherlich aus, wenn Sie Ihre Schülerinnen und Schüler darauf aufmerksam machen und sie vor der Erkundung Aufgabe 8 bearbeiten lassen (z. B. als Hausaufgabe). Die im Themenheft auf Seite 17 aufgeführten Fragen, die Sie natürlich noch um weitere Ihnen zweckmäßig erscheinende ergänzen können, sollten es den Lernenden ermöglichen, eine Vielzahl von Informationen über das Baugebiet zu bekommen.

Alternativ zur Erkundung wäre es natürlich auch möglich, einen Mitarbeiter des Bauamts zu bitten, als Experte in den Unterricht zu kommen und Unterlagen über ein Baugebiet oder über mehrere Baugebiete mitzubringen, die er den Schülerinnen und Schülern erläutern könnte.

Aufgabe 10: Zweck der Bauwerke erkennen

Liste gruppieren nach der Übersicht auf Seite 27

Aufgabe 11: Gebäude untersuchen

Hier sollte ein Bauwerk gewählt werden, über das man so viele Informationen wie möglich erhalten kann und somit die Unterstützung des derzeitigen Nutzers sicher ist (z. B. Schulgebäude, Kindergärten, private Wohnhäuser).

Die Vielzahl der Einzelaufgaben bietet eine gruppenweise Bearbeitung der Aufgaben an.

Sie ermöglichen es den Schülerinnen und Schülern, Informationen über ein zu untersuchendes Gebäude zu bekommen. Fragen, die die Schülerinnen und Schüler nicht beantworten können, sollten sie sich erklären lassen von Ihnen oder ggf. auch von einem Fachmann (Architekt oder Mitarbeiter des Bauamts).

Es macht jedoch gar nichts aus, wenn einige Fragen unbeantwortet bleiben. Das Ziel, dass sich die Schülerinnen und Schüler über verschiedene Aspekte des Bauens und Wohnens Gedanken machen sollen, kann dennoch erreicht werden.

Aufgabe 12: Handwerksleistungen ermitteln

Hier nur einige Handwerksleistungen als Auswahl:

- Zeichnen der Baupläne
- Fenster/Türen einsetzen
- Aufstellen Baugerüst
- Heizung einbauen

- Baugrube ausheben
- Fundament einschalen/
erstellen
- Bewehrung einbringen
- Wände mauern
- Fußboden gießen
- Wände verkleiden/tapezieren
- Inneneinrichtung planen
- Treppe einbauen
- el. Installation von Schaltern
und Leitungen
- Dachstuhl errichten
- Außenwand/Dach dämmen
- Fußbodenbelag einbringen
- Küche einbauen
- Waschbecken/Dusche einbauen
- Gardinen anbringen
- Dachpfannen auflegen

Berufe nach „Beruf aktuell“ heraussuchen lassen. Dieses Material wird jedes Jahr als Klassensatz kostenfrei an die Schule geliefert.

Die Handwerksleistungen lassen sich durch Eigenleistung verringern. Bestimmte Handwerksleistungen sind ausschließlich Fachkräften vorbehalten, z. B. die Elektroinstallation.

Aufgabe 13: Diagramm lesen

Aus dem Diagramm kann man entnehmen,

- dass die Betondruckfestigkeit mit zunehmendem Wasserzementwert (stark) abnimmt und
- dass die Betondruckfestigkeit umso höher ist, je größer die Festigkeitsklasse des Zements ist.

Aufgabe 14: Betongüten verwenden

Die erforderliche Betongüte wird durch den beabsichtigten Einsatz des Betons vorgegeben. Dies ist bei der Betonherstellung zu berücksichtigen.

- Außentreppe
- Fundament
- Innenfußboden
- Unterbeton
- Ringanker
- Tür- oder Fenstersturz
- Beton für Schornsteinzug

Für die Betongüte spielt die Belastung durch Druck, Witte- rung oder Wärme eine entscheidende Rolle.

Aufgabe 15: Betonfestigkeit beschreiben

Diese Aufgabe ergänzt Aufgabe 14. Die Lösung soll den Schülerinnen und Schülern helfen zu erkennen, dass die Nichtbeachtung der erforderlichen Betonfestigkeit gravierende Auswirkungen bei unvorhergesehenen Ereignissen (Naturkatastrophen, dauerhafte Überlastung der vorgegebenen Nutzungsbedingungen) haben kann.

Die Festigkeit lässt sich beeinflussen durch:

- das Mischungsverhältnis (mit mehr Zement wird der Beton härter)
- die Feuchte bei der Herstellung (mehr Feuchtigkeit verringert die Härte)
- das Verdichten (größere Verdichtung – bessere Härte)

Aufgabe 16: Bauweisen erkunden

Diese Aufgabe sollte als Hausaufgabe oder im Rahmen einer Erkundung gelöst werden. Beispiele aus dem Wohnumfeld der Schülerinnen und Schüler oder/und die Bauweise der Schule sollten analysiert werden. Dabei sollten auch solche Probleme wie zum Beispiel

- landestypische Besonderheiten beim Bauen,
 - Siedlungsgröße und Siedlungsdichte,
 - Infrastruktur und Industriestandorte
- bei der Festlegung der Bauweisen berücksichtigt werden.

<u>Mauerwerksbauweise</u> (Stein-auf-Stein-Bauweise)	<u>Betonbauweise</u> Fertigteile Skelettbauweise Tafelbauweise Raumzellenbauweise	<u>Holzbauweise</u> Skelettbauweise Rahmenbauweise Tafelbauweise Blockbauweise Bohlenbauweise Fachwerkbauweise
---	---	--

Die Baumaterialien ergeben sich aus der Benennung der Bauweise. Bei der Mauerwerksbauweise können unterschiedliche Steinarten aufgezählt werden: Feldstein (Naturstein), Mauerziegel, Kalksandstein, Gasbetonstein, Klinker, Holzbetonstein, Betonstein (Hohlblockstein), ...











Aufgabe 17: Holzbauarten unterscheiden

Antwort siehe Übersicht aus Aufgabe 16. Skizzen anhand der Abbildungen aus dem Informationsteil.

Aufgabe 18: Dacharten erkunden

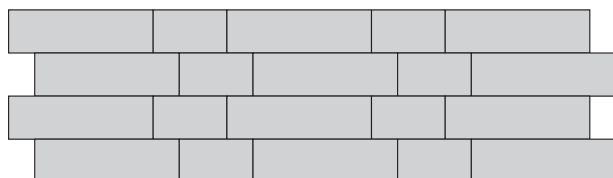
Erst sollte ein Erkundungsgang im Schulort mit Skizzenblock durchgeführt werden, danach Skizzieren nach Internetrecherche in der Liste.

z. B.:

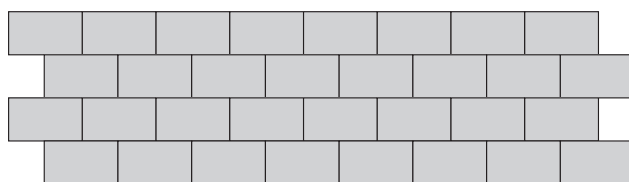
Statteldach		Zeltdach	
Pultdach		Tonnendach	
Mansarddach		Scheddach	
Walmdach		Schleppdach	
Krüppelwalmdach		Paralleldach	

Aufgabe 19: Mauerwerksverbände erkunden

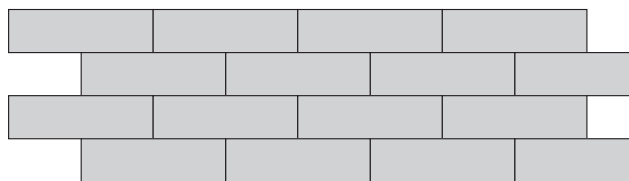
verschiedene Verbände, z. B.: Läuferverband, Wilder Verband, Blockverband, Kreuzverband, Kopfverband, Gotischer Verband, Märkischer Verband, Schlesischer Verband, Holländischer Verband, Flämischer Verband



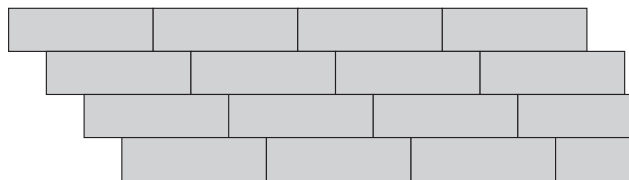
Gotischer Verband



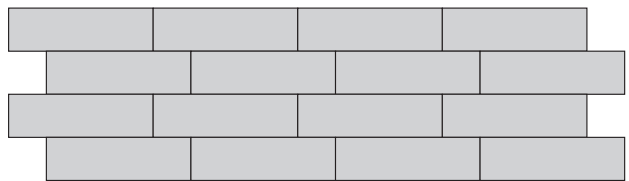
Kopfverband



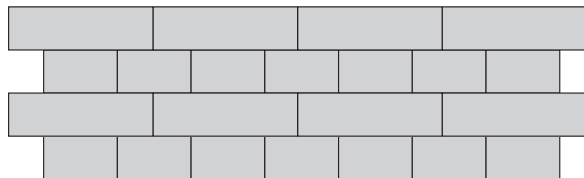
Läuferverband 1/2 Ziegel versetzt



Läuferverband 1/4 Ziegel versetzt schräg



Läuferverband 1/4 Ziegel versetzt senkrecht



Blockverband

Aufgabe 20: Versorgung und Entsorgung

<u>Versorgung</u>		<u>Entsorgung</u>
Wärme		Abwasser
Signale		Abfall
Frischluft		Abgase
Wasser		Rauch
Brennstoffe		Abluft
Elektroenergie		
<u>genutzt</u>	<u>verbraucht</u>	<u>umgewandelt</u>
Wärme	Wasser	Signale
Frischluft	Brennstoffe	Elektroenergie

- Künstliche organische Schäume wie Polyethylen, Polystyrol, Neopor, Polyurethan
- Mineralische Schäume wie Porenbeton, Bimsstein, Perlite, Blähton, Blähglimmer, Calciumsilikat-Platten (vorzugsweise für Innendämmung von Außenwänden), Schaumglas
- Zelluloseflocken (auch zum Einblasen in Hohlräume), Hanf-Leichtlehm, Ceralith, Blähglas, Blähton, Kork
- Vakuumwärmedämmung
- Aerogel

Aufgabe 21: Wasserverbrauch untersuchen

Der Wasserverbrauch pro Person und Tag liegt ungefähr bei 127 Liter.

Je mehr Haushalte bei dieser Ermittlung mitmachen, desto genauer wird dieser Wert bei den Schülern auch erreicht. Die Schüler sind immer wieder sehr erstaunt, dass der gleiche Wert auch herauskommt, wenn die Anzahl der Personen in den Haushalten sehr unterschiedlich ist.

Woche 1	Wert am Zähler				
Woche 8	Wert am Zähler	Differenz	Differenz x1000	Differenz x 1000 / 56	Differenz x 1000 / 56 / Anzahl der Personen = Ergebnis

Aufgabe 22: Wärmedämmung

- a) Wärme geht verloren:
 Dach -20% Heizung -35% Fenster -25%
 Lüftung -20% Boden -10%
 Durch bessere Fenster, ein gedämmtes Dach oder insbesondere eine neue, sparsamere Heizung mit beispielsweise Gas-Brennwerttechnik lassen sich Energiesparpotenziale heben.
- b) Die Wärmedämmung von Gebäuden wird zum Zweck der Einsparung der Heizenergie eingesetzt. Der Einsatz der Wärmedämmung beim Hausbau unterscheidet folgende mögliche Maßnahmen:
- Kerndämmung**
 Wärmedämmung von Gebäudeaußenwänden bei zweischaligem Außenmauerwerk in der Hohlwandschicht
- Wärmedämmverbundsysteme**
 Anbringen des Dämmmaterials am Verblender des Hauses
- Innendämmung**
 Anbringen des Dämmmaterials an der Innenseite der Wand (an die innere Wandschale)
 Gebräuchliche Materialien sind:
 - Mineralische Fasern wie Steinwolle, Glaswolle
 - Fasern aus natürlichen organischen Materialien wie Holzfaserwerkstoff, Holzfaserdämmplatte, Zellstoffverbundelemente, Holzwolle, Zellulose, Hanf, Flachs, Kokos, Wolle, Schilfrohrplatten

Aufgabe 23: Wärmedurchgangszahl U ermitteln

Die Wärmedurchgangszahl *U* ist ein Maß für den Wärmedurchgang durch eine Materialschicht, wenn auf beiden Seiten verschiedene Temperaturen anliegen.

Sie gibt die Energiemenge an, die durch eine Fläche von 1m² fließt, wenn sich die beidseitig anliegenden Lufttemperaturen um 1K unterscheiden.

Der Wert wird im Wesentlichen durch die Wärmeleitfähigkeit und Dicke der verwendeten Materialien bestimmt.

Je kleiner der Wert ist, desto günstiger ist er für die Dämmung.

Bauteil	Dicke in cm	U-Wert in W/(m ² K)
Außenwand aus Beton ohne Wärmedämmung	25	3,3
Außenwand aus Mauerziegeln	24 36,5	ca. 1,5 ca. 0,8
Außenwand aus Mauerziegeln (17,5 cm) mit Wärmedämmverbundsystem (PUR)	30	ca. 0,32
Außenwand aus hochporösem Hochlochziegel, unverputzt	50	0,17-0,23
Außenwand Holzrahmenbau, wohnungstypischer Aufbau	25	0,15-0,20
Außenwand aus Massivholz (ohne Wärmedämmung)	20,5	0,5
Außenwand aus Porenbeton	36,5 40 50	0,183-0,230 0,163-0,210 0,125-0,146
Innenwand aus Mauerziegeln	11,5	3,0
Innenwand aus Porenbeton	28	ca. 0,6
Außentür aus Holz oder Kunststoff	-	3,49
Acrylglas (Plexiglas)	0,5	5,3
Einfachfenster	0,4	5,9
Doppelfenster	-	3,0
Fenster mit Isolierverglasung	2,4	2,8-3,0
Fenster mit Wärmeschutzverglasung	2,4	ca. 1,3

Aufgabe 24: Stromverbrauch untersuchen

- a) Durchschnittsverbrauch in Deutschland in 2009 pro Jahr:
 1-Personen-Haushalt 1944 kWh/a,
 2-Personen-Haushalt 3414 (1707 kWh/Person),
 3-Personen-Haushalt 4350 kWh/a (1450 kWh/P),
 4-Personen-Haushalt 5149 kWh/a (1287 kWh/a je Person)
 D.h. im 4-Personen-Haushalt sinkt der Stromverbrauch pro Person im Vergleich zum 1-Personen-Haushalt um 34 %.
- b) Bei der Auflistung der elektrischen Geräte ist es nicht wichtig, auf Vollständigkeit zu achten. Es sollten ungefähr 15 der wichtigsten Geräte eines Haushaltes erfasst werden.
- c) Die Leistung der elektrischen Geräte ist auf dem Leistungsschild abzulesen, das auf jedem Gerät zu finden ist. Es sollten einige Geräte mit in den Unterricht gebracht werden, um an diesen Beispielen das Ablesen zu üben.
- d) Das Ordnen nach der Größe ist wichtig, um die Geräte mit dem größten Verbrauch pro Zeiteinheit zu erkennen. Als Diagramm bietet sich ein Säulen- oder Balkendiagramm an.
- e) Backöfen nicht mehr vorheizen
 Bewegungsmelder
 Energiesparlampen entlasten die Umwelt
 Energiespartasten
 Backen mit Restwärme
 Kochen mit wenig Wasser
 Deckel auf die Kochtöpfe!
 Kühlschrank richtig einstellen, ...

Aufgabe 25: Bauberufe ordnen

a)

Bauabschnitt	Berufsbezeichnung	Tätigkeitsfeld Berufsfeld
Projektierung	Architekt, Bauzeichner, Bankkaufmann, Vermessungstechniker	
Rohbau (Wände, Decken, Dach)	Zimmerer, Maurer, Dachdecker, Kanalbauer	
Ausbau (Fenster, Türen, Fußböden)	Klempner, Parkettleger, Elektroniker, Zimmerer, Tischler, Anlagenmechaniker für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik, Fliesenleger, Glaser, Estrichleger	
Innenausstattung	Raumausstatter, Maler und Lackierer, Innenarchitekt	

- b) *Der Beruf Raumausstatter/in ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:*
 - Berufe mit Farben und Lacken
 - Berufe mit Holz
 - Berufe mit Textilien
 - Berufe rund um Design und Gestaltung
- Der Beruf Klempner/in ist folgendem Berufsfeld zugeordnet:*
 - Berufe im Metallbau
- Der Beruf Parkettleger/in ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:*
 - Berufe im Ausbau
 - Berufe mit Holz
- Der Beruf Ingenieur/in für Architektur ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:*
 - Berufe im Hochbau
 - Berufe rund um Architektur und Bautechnik
 - Berufe rund um Konstruktion und technisches Zeichnen
- Der Beruf Maler/in und Lackierer/in der Fachrichtung Bauten- und Korrosionsschutz ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:*
 - Berufe im Ausbau
 - Berufe mit Farben und Lacken
- Der Beruf Bauzeichner/in ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:*
 - Berufe rund um Architektur und Bautechnik
 - Berufe rund um Konstruktion und technisches Zeichnen
- Der Beruf Parkettleger/in ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:*
 - Berufe im Ausbau
 - Berufe mit Holz
- Der Beruf Elektroniker/in der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:*
 - Berufe in der elektrischen Energietechnik
 - Berufe in der Elektroinstallation
 - Berufe rund um die Gebäudetechnik
- Der Beruf Zimmerer/Zimmerin ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:*
 - Berufe im Ausbau
 - Berufe mit Holz
- Der Beruf Ingenieur/in für Innenarchitektur ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:*
 - Berufe rund um Architektur und Bautechnik
 - Berufe rund um Design und Gestaltung
- Der Beruf Tischler/in ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:*
 - Berufe im Ausbau
 - Berufe mit Holz
- Der Beruf Bankkaufmann/-frau ist folgendem Berufsfeld zugeordnet:*
 - Berufe rund um Geld, Versicherungen und Immobilien
- Der Beruf Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:*
 - Berufe in der Versorgung und Installation
 - Berufe rund um die Gebäudetechnik
- Der Beruf Maurer/in ist folgendem Berufsfeld zugeordnet:*
 - Berufe im Hochbau

Der Beruf Dachdecker/in der Fachrichtung Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik ist folgendem Berufsfeld zugeordnet:

– Berufe im Hochbau

Der Beruf Fliesen-, Platten- und Mosaikleger/in ist folgendem Berufsfeld zugeordnet:

– Berufe im Ausbau

Der Beruf Vermessungstechniker/in der Fachrichtung Vermessung ist folgendem Berufsfeld zugeordnet:

– Berufe in der Vermessung und Kartografie

Der Beruf Glaser/in der Fachrichtung Verglasung und Glasbau ist folgenden Berufsfeldern zugeordnet:

– Berufe im Ausbau

– Berufe mit Glas

Der Beruf Kanalbauer/in ist folgendem Berufsfeld zugeordnet:

– Berufe im Tiefbau

Der Beruf Estrichleger/in ist folgendem Berufsfeld zugeordnet:

– Berufe im Ausbau

Die angegebenen Berufsfelder sind zu finden im BERUFENET [Quelle: BERUFENET – ein Angebot der Bundesagentur für Arbeit – Stand: (09/2011)]

c) Die verwendeten Werkzeuge und Materialien der einzelnen Berufe sind gut zu finden im Buch „Beruf aktuell“ und im BERUFENET.

Aufgabe 26: Bauberufe und Kompetenzen

Die angegebenen Kenntnisse und Fertigkeiten sind zu finden im BERUFENET. [Quelle: BERUFENET – ein Angebot der Bundesagentur für Arbeit – Stand: (09/2011)]

Vermessungstechniker

Fähigkeiten

- Durchschnittliches allgemeines intellektuelles Leistungsvermögen
- Durchschnittliches rechnerisches Denken (Beispiele siehe unter Kenntnisse und Fertigkeiten)
- Durchschnittliches räumliches Vorstellungsvermögen (z. B. Übertragen von Daten in grafische Darstellungen)
- Merkfähigkeit (z. B. Aneignen und Abrufen von bau- und vermessungsrechtlichen Vorschriften, etwa des Vermessungs- und Katastergesetzes)
- Handgeschick (z. B. Umgehen mit vermessungstechnischen Messgeräten wie Nivelliergeräte und elektrooptische Entfernungsmesser)
- Auge-Hand-Koordination (z. B. Bestimmen von Vermessungspunkten durch Nivelliergeräte)
- Handwerkliches Geschick (z. B. Einstellen von Messgeräten wie Nivelliergeräte oder elektrooptische Entfernungsmesser)
- Zeichnerische Befähigung (z. B. Anfertigen von Skizzen und Zeichnungen zu Geländeaufnahmen, Lageplänen, Gebäudeabsteckungen oder Gebäudeeinmessungen)

- Räumliche Orientierung (z. B. Ausführen von Vermessungen im Gelände)

Hinweis: Die Ausprägungsgrade beziehen sich auf Personen mit mittlerem Bildungsabschluss.

Kenntnisse und Fertigkeiten

- Rechenfertigkeiten (z. B. Ermitteln von Daten durch komplexe mathematische Berechnungen, Berechnen von Flächen und Höhen)
- Mündliches Ausdrucksvermögen (z. B. Erteilen von Auskünften an Verkehrsplaner oder Grundbuchämter)
- Textverständnis (z. B. Lesen und Verstehen von Wartungs- und Bedienungsanleitungen)

Assistent/in Innenarchitektur

Fähigkeiten

- Durchschnittliches allgemeines intellektuelles Leistungsvermögen
- Durchschnittliches räumliches Vorstellungsvermögen (z. B. Mitwirken an der Entwicklung von Gestaltungskonzepten)
- Beobachtungsgenauigkeit (z. B. Berücksichtigen der Umgebung bei der Konzepterstellung)
- Zeichnerische Befähigung (z. B. Anfertigen von Skizzen und Detailzeichnungen)
- Befähigung zum Planen und Organisieren (z. B. Übernehmen der technischen Planung und Koordinieren der Mitarbeiter/innen)
- Sinn und Gespür für Ästhetik (z. B. Auswählen von Materialien, Farben und Bodenbelägen)

Kenntnisse und Fertigkeiten

- Rechenfertigkeiten (z. B. Anfertigen einer Kostenschätzung für eine Innenraumgestaltung)
- Verständnis für mündliche Äußerungen (z. B. Erkennen der Kundenbedürfnisse)
- Mündliches Ausdrucksvermögen (z. B. Beraten der Kunden über Einrichtungsmöglichkeiten)
- Schriftliches Ausdrucksvermögen und Rechtschreibsicherheit (z. B. Erarbeiten von Vorlagen für Baugenehmigungen)

Tischler

Fähigkeiten

- Durchschnittliches allgemeines intellektuelles Leistungsvermögen
- Durchschnittliches räumliches Vorstellungsvermögen (z. B. Anfertigen und Umsetzen von Skizzen und Entwürfen)
- Beobachtungsgenauigkeit (z. B. Prüfen der Beschaffenheit des Holzes)
- Handgeschick (z. B. Nachbereiten von Werkstücken durch Schleifen, Raspeln, Feilen)
- Auge-Hand-Koordination (z. B. Bedienen von handgeführten Maschinen)
- Handwerkliches Geschick (z. B. Anbringen und anschließendes Verzahnen von Zinken und Zapfen an Holzteilen)

- Technisches Verständnis (z. B. Durchführen von Wartungsarbeiten an den Maschinen der Holzbe- und -verarbeitung und Fehlerbehebung)
- Zeichnerische Befähigung (z. B. Erstellen von Grundrissplänen, Raumskizzen, technischen Zeichnungen und Entwürfen für die geforderten Bauteile)

Kenntnisse und Fertigkeiten

- Rechenfertigkeiten (z. B. Berechnen von Werkstückabmaßen, Materialkosten und Materialbedarf)
- Verständnis für mündliche Äußerungen (z. B. Verstehen von Arbeitsanweisungen auch bei Maschinenlärm, Entgegennehmen von Reklamationen)
- Mündliches Ausdrucksvermögen (z. B. Beraten von Kunden, Abstimmen von Terminen für die Montage)

Bauzeichner

Fähigkeiten

- Durchschnittliches allgemeines intellektuelles Leistungsvermögen
- Durchschnittliches rechnerisches Denken (Beispiele siehe unter Kenntnisse und Fertigkeiten)
- Durchschnittliches räumliches Vorstellungsvermögen (z. B. Anfertigen, Lesen und Umsetzen von Skizzen und Zeichnungen)
- Merkfähigkeit (z. B. Einprägen und Abrufen vielfältiger gesetzlicher Bauvorschriften, DIN- und Fachnormen)
- Handgeschick (z. B. Zeichnen und Beschriften von Bauplänen von Hand)
- Handgelenk-Finger-Geschwindigkeit (z. B. Arbeiten mit Zeichensoftware)
- Auge-Hand-Koordination (z. B. Durchführen von Vermessungen)
- Zeichnerische Befähigung (z. B. Anfertigen maßstabsgerechter Detailzeichnungen)
- Befähigung zum Planen und Organisieren (z. B. Planen von Arbeitsabläufen)

Kenntnisse und Fertigkeiten

- Rechenfertigkeiten (z. B. Ermitteln von Mengen und Massen für Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung, Berechnen des Baustoffbedarfs)
- Mündliches Ausdrucksvermögen (z. B. Kommunizieren mit Vorgesetzten und Kunden)
- Schriftliches Ausdrucksvermögen und Rechtschreibsicherheit (z. B. Ausarbeiten von Bauanträgen)

Bankkaufmann/frau

Fähigkeiten

- Gut durchschnittliches allgemeines intellektuelles Leistungsvermögen
- Gut durchschnittliches rechnerisches Denken (Beispiele siehe unter Kenntnisse und Fertigkeiten)
- Gut durchschnittliches sprachliches Denken (Beispiele siehe unter Kenntnisse und Fertigkeiten)
- Wahrnehmungs- und Bearbeitungsgeschwindigkeit (z. B. Prüfen von Ein- oder Auszahlungsbelegen)

- Konzentration (z. B. Führen von Kundengesprächen in Schalterhallen)
- Merkfähigkeit (z. B. Einprägen und Abrufen von aktuellen Finanzanlagemöglichkeiten und Kreditkonditionen)
- Umstellungsfähigkeit (z. B. schnelles Anpassen an unterschiedliche Kundenbedürfnisse und Tätigkeiten, etwa im Schalterdienst)
- Handgelenk-Finger-Geschwindigkeit (z. B. Eingeben von Daten auf der Tastatur von PC oder Rechenmaschine)
- Kaufmännische Befähigung (z. B. Beobachten des Kapitalmarktes, Einschätzen von Kreditrisiken, um gewinnversprechende Investitionen und Handlungen zu unternehmen)
- Befähigung zum Planen und Organisieren (z. B. Planen und Steuern von innerbetrieblichen Arbeitsabläufen im bankinternen Bereich)

Kenntnisse und Fertigkeiten

- Rechenfertigkeiten (z. B. Analysieren von Bilanzen sowie Gewinn- und Verlustrechnungen, Durchführen von Kalkulationen, Berechnen von Zinsen, Umrechnen von Währungsbeträgen)
- Verständnis für mündliche Äußerungen (z. B. Erfragen von individuellen Bedürfnissen und Vorstellungen von Kunden)
- Mündliches Ausdrucksvermögen (z. B. Informieren von Kunden über ertragreiche Formen der Geldanlage)
- Textverständnis (z. B. Lesen und Verstehen von Vertragstexten oder Geschäftsbedingungen)
- Schriftliches Ausdrucksvermögen und Rechtschreibsicherheit (z. B. Anfertigen von Berichten für die Geschäftsleitung)

Maurer

Fähigkeiten

- Durchschnittliches allgemeines intellektuelles Leistungsvermögen
- Durchschnittliches räumliches Vorstellungsvermögen (z. B. Arbeiten nach Plänen und Zeichnungen)
- Handgeschick (z. B. Einbauen von Schalungen für Wände und Decken)
- Auge-Hand-Koordination (z. B. Verlegen von Deckenträgern)
- Körperbeherrschung (z. B. Arbeiten auf Leitern und Gerüsten)
- Handwerkliches Geschick (z. B. Umgang mit Werkzeugen, Baumaschinen und -geräten)

Kenntnisse und Fertigkeiten

- Rechenfertigkeiten (z. B. Durchführen von Baustoffbedarfsberechnungen, Ermitteln und Erstellen der erforderlichen Aufmaße)
- Verständnis für mündliche Äußerungen (z. B. Verstehen und Umsetzen von Arbeitsanweisungen auch unter Lärm)

Elektroniker

Fähigkeiten

- Gut durchschnittliches allgemeines intellektuelles Leistungsvermögen
- Gut durchschnittliches abstrakt-logisches Denken (z.B. Analysieren und Beheben von Fehlerquellen in elektrotechnischen Geräten und Systemen durch systematisches Vorgehen)
- Gut durchschnittliches rechnerisches Denken (Beispiele siehe unter Kenntnisse und Fertigkeiten)
- Gut durchschnittliches räumliches Vorstellungsvermögen (z.B. Lesen und Umsetzen von Schaltplänen und Montageanleitungen)
- Merkfähigkeit (z.B. Anpassen an den schnellen Wechsel der Wissensbestände im technischen Bereich)
- Fingergeschick (z.B. Verdrachten eingebauter Bauteile und -gruppen)
- Handgeschick (z.B. Verlegen von Leitungen, Setzen von Anschlussdosen)
- Auge-Hand-Koordination (z.B. Kürzen von Kabeln)
- Handwerkliches Geschick (z.B. Bauen, Errichten, Inbetriebnehmen und Instandhalten von elektrotechnischen Anlagen und Anlagenkomponenten)
- Technisches Verständnis (z.B. Analysieren und Beheben von Fehlern an elektrischen und elektronischen Anlagen)
- Zeichnerische Befähigung (z.B. Anfertigen genauer Skizzen und Pläne für Gebäude- und Infrastruktursysteme)
- Befähigung zum Planen und Organisieren (z.B. Planen von Leitungstrassen)

Kenntnisse und Fertigkeiten

- Rechenfertigkeiten (z.B. Messen und Berechnen von elektrischen Größen wie Widerständen, Stromstärken und Kapazitäten)
- Verständnis für mündliche Äußerungen (z.B. Arbeiten im Kundendienst)
- Mündliches Ausdrucksvermögen (z.B. Abstimmen des Auftragsumfangs und der Ausführungstermine, Beraten von Kunden)
- Textverständnis (z.B. Lesen und routiniertes Umsetzen von Montage- und Betriebsanleitungen)

Estrichleger

Fähigkeiten

- Durchschnittliches allgemeines intellektuelles Leistungsvermögen
- Beobachtungsgenauigkeit (z.B. Erkennen von Unebenheiten, fehlendem oder mangelhaftem Gefälle auf dem Unterboden)
- Handgeschick (z.B. Verlegen von Estrich)
- Auge-Hand-Koordination (z.B. Bearbeiten der Oberfläche mit Reibebrett und Glättkelle)
- Körperbeherrschung (z.B. Arbeiten auf Gerüsten)
- Handwerkliches Geschick (z.B. Glätten von Oberflächen mit Glättkellen bzw. Glättmaschinen)

Kenntnisse und Fertigkeiten

- Rechenfertigkeiten (z.B. Berechnen von Materialmischungen)
- Verständnis für mündliche Äußerungen (z.B. Verständigen unter Lärmbedingungen)

Trockenbaumonteur

Fähigkeiten

- Durchschnittliches allgemeines intellektuelles Leistungsvermögen
- Durchschnittliches räumliches Vorstellungsvermögen (z.B. Arbeiten nach Plänen und Zeichnungen)
- Handgeschick (z.B. Verschrauben von Arbeits- und Schutzgerüsten)
- Auge-Hand-Koordination (z.B. Verspachteln von Wänden oder Schließen von Fugen)
- Körperbeherrschung (z.B. Arbeiten auf Leitern und Gerüsten beim Anbringen von Fassadenbekleidungen)
- Handwerkliches Geschick (z.B. Montieren von vorgefertigten Bauteilen)

Kenntnisse und Fertigkeiten

- Rechenfertigkeiten (z.B. Ermitteln des Baustoffbedarfs, Erstellen des Aufmaßes)
- Verständnis für mündliche Äußerungen (z.B. Verstehen von Arbeitsanweisungen auch bei Baumaschinenlärm)

Aufgabe 27: Berufe erkunden

Hier handelt es sich speziell um die Recherche über verschiedene Bauberufe.

Zusätzliche Aufgaben

Aufgabe 1: Nenne die Ursachen für den Verlust von Heizungswärme im Haus und Maßnahmen zur Verringerung dieser Verluste.

Ursachen für Wärmeverluste im Haus (im Winter; im Sommer ist der Wärmestrom gerade umgekehrt) sind u.a.:

- die Lüfterneuerung durch Fenster und Türen
- Wärmeleitung durch Hausumschließungsflächen (Wände, Türen, Fenster, Dach, Keller, Tiefgarage etc. von der warmen Innenseite zur kalten Außenseite)
- Wärmeabstrahlung (von Außenwänden und insbesondere von Fenstern vom warmen Haus an die kältere Außenluft)

Als Maßnahme zur Verringerung von Wärmeverlusten bietet sich an: eine Isolation

- aller Umschließungsflächen des gesamten Hauses
- aller Räume mit unterschiedlichen Temperaturen (z.B. Wohnzimmer gegen Schlafzimmer und Treppenhaus, ...)

Die (von der Bundesregierung erlassene) neue Wärmeschutzverordnung verlangt hierfür einen relativ hohen Mindeststandard.

Aufgabe 2: Begründe, warum ein kleiner U-Wert eine bessere Wärmedämmung bedeutet.

Da der U-Wert angibt, wie viel Wärmeenergie durch eine Fläche von 1 m² fließt, wenn der Temperaturunterschied zwischen den beiden Wandseiten 1K beträgt, ist ein kleiner U-Wert gleichbedeutend mit einem niedrigen Wärmeverlust und so auch mit einer besseren Wärmedämmung.

Aufgabe 3: Erkläre die Ursache guter Isolationswirkung und nenne je drei Beispiele mit guter und schlechter Isolationswirkung.

Ursache für eine gute Isolationswirkung:

- gute Wärmedämmung
- gleiche Temperaturen auf beiden Seiten der Trennflächen
- kleine Trennflächen

Beispiele für gute Isolationswirkung: Verwendung von Isolationsmaterial aus

- Luft
- Hartschaum (z. B. Styropor oder Styrodur)
- Fichte (Nadelholz)
- Gasbeton
- Kork
- Glas- oder Steinwolle
- feuerhemmend behandelte Wolle
- feuerhemmend behandeltes Papier, z. B. Isofloc

Beispiele für schlechte Isolationswirkung: Verwendung von Baustoffen aus

- Kalksandstein
- Ziegelstein und Klinker
- Beton
- Naturstein, z. B. Sandstein
- Glas; Wärmeverluste wegen Lichtdurchlässigkeit
- Stahl, Aluminium und andere Metalle

Aufgabe 4: Wie funktioniert die „transparente Wärmedämmung“ an einem Wohnhaus?

Das Dämmmaterial für die transparente Wärmedämmung besteht außen aus einem wabenförmigen hohlen Material, das durchlässig (transparent) ist für das einfallende Sonnenlicht. Dahinter befindet sich eine Wand mit folgenden Eigenschaften:

- schwarz gefärbt, damit möglichst viel der einfallenden Sonnenenergie absorbiert werden kann
- Wärme gut aufnehmend und weiterleitend
- sehr massiv, damit die aufgenommene Wärme gespeichert werden kann

Wegen des Einschlusses von ruhender Luft (= sehr guter Isolator) in den Waben des Dämmmaterials behindert die transparente Wärmedämmung Wärmeverluste des isolierten Hauses nach außen. Diese im Winter erwünschte Eigenschaft des Dämmmaterials hat jedoch im Sommer den Nachteil, dass sich das Haus sehr stark erwärmen kann. Um dies zu

verhindern, muss zwischen dem lichtdurchlässigen Teil des Dämmmaterials und der massiven schwarz beschichteten Speicherwand des Hauses eine Jalousie angebracht werden, die je nach Sonneneinfall (automatisch) hoch- oder heruntergefahren werden kann.

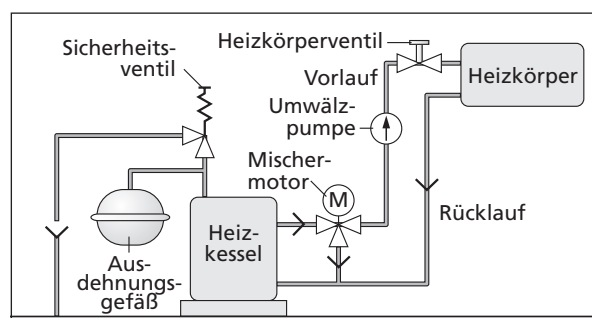
Das Wirkungsprinzip der transparenten Wärmedämmung haben sich die Techniker beim Eisbären abgeschaut. Sein Pelz besteht aus lichtleitenden hohlen Haaren, die auf einem schwarzen Fell wachsen.

Aufgabe 5: Erkläre das Zustandekommen des „Treibhauseffekts“, z. B. bei einem Wintergarten.

Der Treibhauseffekt beruht auf folgendem physikalischen Prinzip: Glas ist durchlässig für kurzwellige Lichtstrahlen, lässt also das auftreffende Sonnenlicht weitestgehend ungehindert passieren, ist jedoch nur sehr schlecht durchlässig für langwellige Wärmestrahlung. Dies macht man sich bei Wintergärten und thermischen Sonnenkollektoren zunutze:

- Eine Glasscheibe lässt das kurzwellige Sonnenlicht passieren.
- Die kurzwelligen Sonnenstrahlen treffen auf Materialien (z. B. auf Wände und Fußböden in Wintergärten und auf schwarze Wärmetauscherflächen bei Sonnenkollektoren). Die erwärmten Flächen strahlen langwellige Wärmestrahlung zurück.
- Für diese langwelligen Wärmestrahlung ist die Glasabdeckung nur noch schwer oder gar nicht mehr durchlässig. Es kommt zu dem gewünschten Wärmestau (Strahlenfalle), der zur Erwärmung der Luft und bei den Sonnenkollektoren auch zur Erwärmung des Wassers führt.

Aufgabe 6: Skizziere den Aufbau einer Warmwasser-Heizungsanlage eines Wohnhauses und beschreibe die Funktionsweise.



Funktionsbeschreibung:

Heizkessel: erwärmt das Heizungswasser auf die eingestellte Temperatur (= Energiequelle)
 Vorlauf: führt den Wasserstrom des warmen Wassers
 Rücklauf: führt den Wasserstrom des kalten Wassers
 Umwälzpumpe: transportiert das Wasser durch die Heizungsanlage

Mischer: mischt dem kalten Rücklaufwasser bei Bedarf warmes Vorlaufwasser bei
 Mischermotor: betätigt den Mischer bei Bedarf
 Heizkörper: gibt die Heizwärme an die Raumluft ab (= Energiesenke)
 Heizkörperventil: öffnet und unterbricht den Wasserstrom bei Bedarf
 Ausdehnungsgefäß: stellt den erwärmungsbedingt erforderlichen Ausdehnungsraum für das Wasser zur Verfügung
 Sicherheitsventil: sichert die Heizungsanlage gegen Überschreiten des maximal zulässigen Drucks

Aufgabe 7: Welche zusätzlichen technischen Probleme müssen beim Betrieb einer Brennwertanlage gelöst werden?

Folgende Probleme müssen gelöst werden:

- Ein Gebläse muss für den Abtransport der Abgase sorgen (da der dichtebedingte Auftrieb wegen der starken Abkühlung der Abgase nicht mehr groß genug ist).
- Das Kondensatwasser muss gesammelt und bei größeren Anlagen (insbesondere bei ölbetriebenen Heizkesseln wegen des hohen Schwefelanteils des Heizöls und damit verbunden wegen des hohen Anteils an schwefeliger Säure bzw. an Schwefelsäure im Kondensat) gesondert entsorgt werden.
- Der Abgasweg (im Heizkessel = Brennwertgerät und im Schornstein) muss korrosionsfest ausgeführt werden (Edelstahl).

Aufgabe 8: Erkläre die Begriffe Heizwert und Brennwert. Was versteht man dabei unter „latenter Wärmeenergie“?

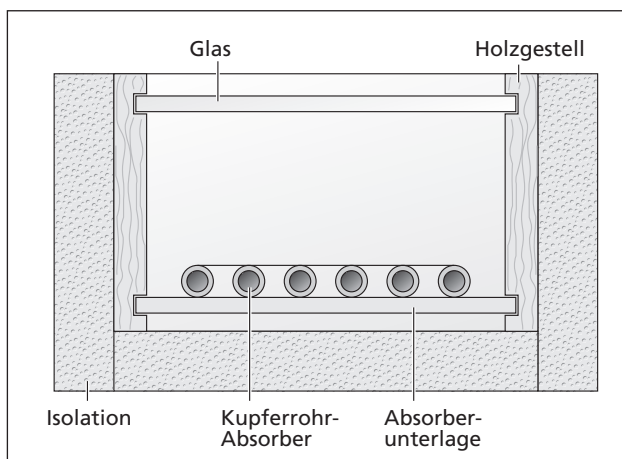
Der Heizwert ist die Wärmeenergie, die der Verbrennungshitze (den Verbrennungsgasen) im Heizkessel entnommen werden kann. Die im Wasserdampf der Abgase noch enthaltene Wärmeenergie, die zur Verdampfung des bei der Verbrennung entstehenden Wassers benötigt wird und noch latent, also versteckt, im Abgas enthalten ist (= latente Wärmeenergie), bleibt dabei unberücksichtigt.

Der Brennwert ist die Summe der den Verbrennungsgasen insgesamt entziehbaren Wärmeenergie, also die Summe aus Heizwert und Kondensationswärme des Wasserdampfes der Abgase. Die in den Abgasen noch latent enthaltene Kondensationswärme wird durch Abkühlung der heißen Abgase an den Wandungen eines vom Rücklaufwasser durchströmten Wärmetauschers wieder zurückgewonnen. Dies führt zu einer Wirkungsgraderhöhung von 5–10%.

Aufgabe 9: Skizziere einen Flachkollektor im Schnitt. Beschreibe, wie er funktioniert, und zeige an einem Beispiel auch den Treibhauseffekt.

Der thermische Flachkollektor funktioniert im Prinzip wie folgt:

- Die Glasabdeckung lässt das kurzwellige energiereiche Sonnenlicht passieren.



- Die dunkle Absorberfläche „schluckt“ einen Teil der im Sonnenlicht enthaltenen Energie. Sie erwärmt sich dabei und strahlt langwelliges Licht aus.
- Die Glasabdeckung ist für dieses langwellige Licht weitestgehend undurchlässig („Strahlenfalle“). Dadurch erwärmt sich die Luft oberhalb des Absorbers („Wärmefalle“, „Treibhaus“-Effekt).
- Die Luft gibt einen Teil ihrer Wärmeenergie an den Absorber und den in ihm fließenden Energieträger (Wasser, ggf. angereichert mit einem Frostschutzmittel, z. B. Glycol) ab.
- Eine Umwälzpumpe transportiert den Energieträger durch das geschlossene Kollektorsystem zu einem Wärmetauscher in einem Warmwasserbereiter, der die transportierte Energie z.T. aufnimmt und sie dabei dem Energieträger entzieht.
- Der abgekühlte Energieträger wird von der Umwälzpumpe wieder zum Sonnenkollektor zurücktransportiert und kann dort wieder Energie aufnehmen.

Aufgabe 10: Erkläre, warum ein Flachkollektor dem Sonnenstand nicht nachgeführt werden muss.

Flachkollektoren können nicht nur die direkte (also die ohne Umwege von der Sonne kommende und parallel einfallende) Sonnenstrahlung auffangen, sondern auch die diffuse (also auch jene Sonnenstrahlen, die aufgrund von Reflexionen abgelenkt werden und aus verschiedenen Richtungen einfallen). Deshalb ist ein Nachführen des Kollektors nach dem Sonnenstand nicht nötig (vorausgesetzt, er ist günstig zur Sonne ausgerichtet, i. d. R. unter 45°).

Versuche durchführen

(Themenheft Seite 22 bis 25)

Arbeitshinweise

Diese Hinweise gelten für alle folgenden Versuche. Mithilfe der Versuchsbeschreibungen und der genauen Beachtung der Arbeitshinweise sollten die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, die Versuche selbstständig durchzuführen. Die Rolle der Lehrenden besteht in erster Linie in der Bereitstellung der notwendigen Werkstoffe und Arbeitsmittel und in der Schaffung der für selbstständige Arbeit notwendigen Rahmenbedingungen (Sicherheit, Disziplin, Ordnungsdienst usw.) Die Versuchsbeschreibungen erfolgen alle nach demselben Muster:

- Arbeitsauftrag
- Angabe der benötigten Arbeitsmittel
- Angabe der benötigten Werkstoffe
- Beschreibung des Versuchsablaufs

Versuch 1: Belastbarkeit von Profilträgern prüfen

(Themenheft Seite 22)

Für diese Versuche eignen sich dünne Leisten aus astfreiem Holz oder Aluminium- bzw. Messingprofile. Eine typische Anordnung ist auf Seite 22 abgebildet. Im Info-Teil auf Seite 44 stehen zusätzliche Informationen. Das besonders reizvolle Experiment, das die Überlegenheit von hohlen Rundprofilen zeigt, ist leider in der Regel nur qualitativ durchführbar, weil flächengleiche Rechteck- bzw. Rundstäbe nicht angeboten werden. Wegen der schwierigen Verbindung von Rundstäben wird meist Flachmaterial verarbeitet, selbst wenn dadurch die Stabilität etwas geringer ist.

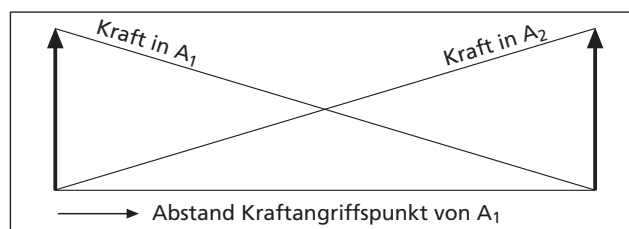
Das Problem der Messung, wie stark sich ein Profilstück durchbiegt, kann auf verschiedene Weise gelöst werden. Auf dem Bild wurde eine Vorrichtung verwendet, die zum Beginn der Messung durch verschiebbare Markierungen auf null eingestellt werden kann. Dadurch erspart man sich die umständliche Rechnerei, die man meist hat, wenn nur ein Maßstab angelegt wird.

Die Ergebnisse der Messreihe sind eher banal. Die meisten qualitativen Hypothesen der Schülerinnen und Schüler sind korrekt, nur die quantitativen Hypothesen werden in der Regel widerlegt (z. B. die Vermutung: doppelte Dicke = halbe Durchbiegung).

Schwerpunkt dieser Untersuchungen ist das planmäßige Experimentieren, insbesondere die Bedingung, dass immer nur eine Variable geändert werden darf.

Eine attraktive Variante ist, eingespannte und lose Profile zu vergleichen. Hierzu lässt man die Enden des Trägers nicht frei über das Lager ausweichen, sondern spannt den Träger mit Schraubzwingen fest. Diese können dann in die in der Abbildung gezeigten Schraubstöcke eingespannt werden.

Für leistungsstärkere Gruppen kann auch die Kraft in den Auflagern (die Profile werden auf zwei Küchenwaagen gelagert) gemessen werden, wenn sich die Belastung vom einen Auflager zum anderen bewegt. Eine Tabelle mit den Spalten: Kraft in Auflager 1, in Auflager 2 und Abstand von Auflager 1 kann in ein leicht zu interpretierendes Diagramm umgesetzt werden.



Beispiel für eine Diagrammauswertung der Kräfteverteilung in den Lagern

Versuch 2: Biegefestigkeit prüfen

(Themenheft Seite 23)

Die rechnerischen Werte sind je nach angesetzter Festigkeit bei ca. 100 N. Diese Werte können auch erreicht werden, wenn das Holz einen ungestörten Faserverlauf hat. Die Versuchsausführung gleicht dem vorherigen Versuch und soll daher nicht weiter erörtert werden.

Versuch 3: Zug- und Druckkräfte ermitteln

(Themenheft Seite 24)

Dieser Versuch lässt sich am besten mit einem handelsüblichen Statikbaukasten durchführen. Dennoch wurde er so dargestellt, dass man auch mit selbst gefertigten Stäben arbeiten kann. Hierzu wird vorgeschlagen, dass alle Stäbe gleich sind. Dadurch ist allerdings nur eine Konstruktion aus lauter gleichseitigen Dreiecken möglich. Der Vorteil ist, dass die Stäbe in Serie gefertigt werden können. Sie erhalten alle eine Bohrung von 3 mm Durchmesser am Ende und können nun beweglich mit überstehenden Gewindeschrauben M3 (gesichert mit zwei Muttern „gekontert“) verbunden werden. Wenn man die Abmessungen größer wählt, kann man auch größere Bohrungen anbringen und so auf Gewindestangen zurückgreifen. Dadurch ist eine Parallelbinderkonstruktion wie im Bild gezeigt möglich.

Wichtig ist, dass sich die Schülerinnen und Schüler vor Aufbau der Brücke überlegen, wo Druck- und wo Zugkräfte auftreten. Diese Vermutungen sollten dann überprüft werden. Dadurch gewinnen die Schülerinnen und Schüler Erfahrungen im „geistigen Verfolgen“ von Kraftwirkungen in Fachwerken. Dies ist erfahrungsgemäß ein schwieriger Lernprozess, der Schritt für Schritt, vom einfachen Dreieck angefangen, stufenweise ausgebaut werden sollte. Mit der Erfahrung entwickeln die Schülerinnen und Schüler auch ein Gefühl dafür, wo Zugkräfte (hier können die Stäbe durch Fäden ersetzt werden) auftreten.

Versuch 4: Belastbarkeit von Betonprobekörpern prüfen

(Themenheft Seite 24 bis 25)

Im Hintergrund der Abbildung auf Seite 25 ist ein Vorschlag für eine Schalung zu erkennen, mit der drei Probekörper mit denselben Abmaßen gleichzeitig gegossen werden können. Die Probekörper können nun unterschiedlich bewehrt oder mit unterschiedlichen Mischungsverhältnissen hergestellt werden.

Bei optimalen Mischungen und Aushärtzeiten sind die Belastungen, die ein Träger aushält, sehr groß. Insbesondere, wenn eine Armierung eingebracht wird, kann mit der abgebildeten Methode noch kein Bruch erreicht werden.

Tipps:

Die Eimer können mit Sand bis zu 250 N Belastung (25 kg Masse) bringen. Darüber hinaus reißt der Bügel aus. Achten Sie darauf, dass etwa 5 cm unter dem Eimer ein Hocker oder eine Kiste oder etwas Ähnliches steht, sodass der Eimer im Falle eines plötzlichen Bruches nicht zu weit „abstürzt“ (nicht nur wegen der Gefahr, sondern auch wegen der Verschmutzung, falls er umkippen sollte). Es ist extrem lästig, den Eimer immer wieder abzuhängen und ihn weiter zu befüllen. Einfacher ist es, ihn hängen zu lassen und mit kleineren, vorher abgewogenen Mengen zu befüllen.

Noch höhere Belastungskräfte kann man messen, indem man Personenwaagen einsetzt. Eine Schülerin oder ein Schüler stellt sich dicht neben der Messanordnung auf eine Personenwaage. Das Gewicht wird abgelesen. Nun stützt sich diese Person auf dem Profil ab. Dadurch sinkt die Anzeige der Waage. Die Differenz zwischen Höchstwert und dem nun gezeigten Wert ist die Belastung. Auf diese Art kann man bis zum Körpergewicht der schwersten Person in der Klasse messen. Noch höhere Kräfte kann man mit einer etwas aufwendigeren Anordnung messen: Man benötigt hierzu einen so genannten Spanngurt (Baumarkt, ca. 10 €). Bei einer Versuchsanordnung wie in der Abbildung muss gewährleistet sein, dass der untere „Träger“ eine höhere Bruchfestigkeit hat als der obere. Nun setzt man einen Distanzklotz auf die Waage und umwickelt diese mit einem Spanngurt. Der Spanngurt ist etwa so zu führen wie der Henkel des Eimers in der Abbildung. Er umfasst die Waage und drückt sie beim Anziehen mit dem Distanzklotz auf das untere Profil. Nun kann man weiter spannen und erhält die Kraft direkt aus der Anzeige (bis zu 200 kg „Last“ ist je nach Waage möglich). Für diese Anordnung muss die Waage auf eine Grundplatte gesetzt werden, da sie sich sonst beim Spannen zu stark verkantet. Diese Tendenz ist auch trotz einer Grundplatte immer vorhanden und macht diese Form der Auswertung diffizil. Dennoch kann es reizvoll sein, so vorzugehen, da nur so wirklich optimal gefertigte Profile bis zum Bruch belastet werden können.

Ergänzende Sachinformationen für die Lehrenden

Charakterisierung des Sachbereichs Bautechnik

Es ist schon eigenartig: Unsere Umwelt ist voll von Bauwerken aller Art und die Entwicklungsgeschichte der Menschheit ist eng verbunden mit bautechnischen Gegebenheiten – und trotzdem führt die Sichtung der fachdidaktischen Literatur und der Lehrpläne für den Technikunterricht zu dem Ergebnis, dass es kaum Lehrplaninhalte und fachdidaktische Publikationen zu diesem Teilbereich der Technik gibt. Dies verdeutlicht z.B. auch ein Blick in das Inhaltsverzeichnis der „tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht“, in der es nur sehr wenige Veröffentlichungen zu diesem Teilbereich der Technik gibt. Und auch an der von Werner vor fast 20 Jahren in seinem tu-Beitrag „Der Sachbereich Bautechnik“¹ getroffenen Feststellung, dass im Vergleich zur Maschinenteknik – und hier sei hinzugefügt: und zu den anderen Bereichen der Technik – nur vereinzelt und ausschnitthaft entsprechende Informationen für Lehrer vorlägen, hat sich bis heute praktisch nichts geändert. Es wäre deshalb sehr zu wünschen, wenn sich Lehrende aus Schule und Hochschule dieses Technikbereichs endlich einmal mehr annehmen würden, nicht zuletzt auch deshalb,

- weil sich Schülerinnen und Schüler sehr für bautechnische Sachverhalte interessieren bzw. interessieren lassen, insbesondere für die Aspekte regenerative Energie und Biologie, und
 - weil sich technische Denk- und Arbeitsweisen auch bei der Auseinandersetzung mit bautechnischen Problemstellungen und Objekten verdeutlichen und anwenden lassen.
- Da es also bisher nur sehr wenige sich explizit an Technik-Lehrende richtende Publikationen zu Bautechnikinhalten gibt, sollen den an diesem Inhaltsbereich Interessierten in diesem Lehrerheft in Kurzform Sachinformationen zu einigen Inhalten aus diesem Sachbereich angeboten werden.

Einen gewissen „roten Faden“ bei der Auswahl der Inhalte bildet der Themenaspekt „Wohngebäude“. Andere ebenfalls interessante Inhaltsbereiche wie Brücken – Türme – Masten oder Verkehrswegebau (Inhalte, die im Technischen Werken bis Ende der siebziger Jahre von zentraler Bedeutung gewesen sind) sollen hier dagegen ausgeklammert werden. Dieses Lehrerheft kann kein Fachbuch ersetzen und will es auch nicht. Es empfiehlt sich deshalb, sich zur Informations-

beschaffung zusätzlicher Literatur zu bedienen. Dazu eignen sich u.a. die in der Fußnote angegebenen Publikationen.²

Baugeschichte

Die Baugeschichte reicht bis in die Anfänge der Menschheit zurück, auch wenn wir heute davon praktisch keine Zeugnisse mehr vorfinden und deshalb auf Vermutungen darüber angewiesen sind, wie unsere Vorfahren „gewohnt“ haben. Denn auch die ältesten noch erhaltenen und wieder entdeckten Wandmalereien in Höhlen sind nicht gleich zu Anfang der Menschheit entstanden und auch nicht alle Menschen haben in Höhlen gelebt. Wahrscheinlicher ist, dass die überwiegende Mehrheit von ihnen zunächst im Wald gelebt hat, in der Folgezeit dann auch im freien Gelände auf und z.T. auch in der Erde, und zwar in Hütten aus unterschiedlichsten Baumaterialien und in Zelten. Möglicherweise haben die ersten Menschen sogar auf Bäumen gelebt, weil sie dort nachts vor ihren Feinden sicherer waren als auf dem Boden. Behausungen von Menschenaffen, die sehr „affenähnliche“ Anordnung der Zehen am Fuß des sog. Taung-Kindes (ca. 2,5–2,6 Mill. Jahre alt)³, die eine ideale Voraussetzung für das Erklettern von Bäumen waren, und der Wunsch von Kindern, Baumhütten zu bauen und zu beziehen, könnten diese Vermutung stützen.

Soweit also keine natürlichen Vertiefungen in Felsen oder gar Höhlen mit mehr oder weniger viel Lichteinfall als Behausungen vorhanden waren, haben sich unsere Vorfahren vermutlich sehr schnell künstliche Behausungen gebaut. Über lange Zeiträume waren dies Gemeinschaftsunterkünfte für Mensch, Tier und Vorräte und nicht wie heute getrennte Gebäude für Menschen, Tiere, Vorräte und Arbeitsmittel. Die Behausungen sollten ihnen und auch ihren Tieren Schutz gewähren vor Umwelteinflüssen – insbesondere natürlich vor Regen, Wind und Kälte – sowie vor wilden Tieren und vor Feinden.

Als Baustoffe benutzten sie Materialien, die sie in ihrer unmittelbaren Umgebung vorfanden. Kleinere Hütten entstanden vermutlich aus Ästen, Zweigen, Laub und Erdreich, in einigen Gegenden auch aus Eis und Schnee. Für Zelte reichten

¹ Werner, Ernst: Der Sachbereich Bautechnik. In: tu 8/1978, Seite 5

² geeignete Quellen sind z.B.: Mämpel, Uwe: Lehrerhandbuch für den Technischen Werkunterricht – Band 2: Bautechnik und Architektur in Unterrichtsbeispielen. 2. Auflage, Weinheim und Basel 1978 (Beltz Verlag); Erbrecht/Klein: Wissensspeicher Technik. 1. Auflage, Berlin 1995 (Volk und Wissen Verlag); Heuermann/Köppe: Grundwissen Technik. 1. Auflage, Stuttgart 1991 (Ernst Klett Verlag); Deutsches Institut für Fernstudien DIFF (Hrsg.): Bau (Studienbrief aus der Reihe Fernstudiengang Arbeitslehre). Tübingen 1991; Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (Hrsg.): RWE Bauhandbuch – Technischer Ausbau (neueste Ausgabe). Energie-Verlag Heidelberg; Peschel, Peter u.a.: Tabellenbuch Bautechnik. 2. Auflage, Haan-Gruiten 1991 (Verlag Europa-Lehrmittel); Batran, Balder u.a.: Grundwissen Bau. 5. Auflage, Hamburg 1992 (Verlag Handwerk und Technik); Nestle, Hans u.a.: Fachkunde für Bauberufe. Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten; Nestle, Hans u.a.: Fachkunde Bau. 7. Auflage, Haan-Gruiten 1995 (Verlag Europa-Lehrmittel); Batran, Balder u.a.: Fachstufen Bau. 5. Auflage, Hamburg 1991 (Verlag Handwerk und Technik); Nestle, Hans u.a.: Bautechnik – Fachstufe für Hochbauberufe. 2. Auflage, Haan-Gruiten 1991 (Verlag Europa-Lehrmittel); Heinze GmbH, Informationsdienst für Bauherren und Modernisierer, Bremer Weg 184, Postfach 1505, 29219 Celle, Tel.: 05141/50-0, Fax: 05141/50104 (Hrsg.): bauen modernisieren einrichten – das handbuch des bauherrn (die jeweils neueste Ausgabe kann kostenlos beim Herausgeber und z.T. auch bei Banken angefordert werden); Volger, Karl: Haustechnik – Grundlagen – Planung – Ausführung (neueste Ausgabe). Verlag B. G. Teubner, Stuttgart

³ vgl. DER SPIEGEL Nr. 38/1996, Seite 190 ff., insbesondere Seite 192

dagegen bereits Äste und Tierfelle aus. Als Baumaterial für größere Behausungen verwendeten sie vor allem wohl Holz als Trägerbaustoff, Schlingpflanzen und andere elastische Pflanzen als Verbindungsmaterial, Zweige und Schilf als Flechtwerk, Blätter, Baumrinde und später auch Tierfelle als Abdichtmaterial und eine Mischung aus Lehm und Pflanzen als Füllmaterial. Daneben gab es z.T. auch Massivbauten in „Blockhaus“-Bauweise.

Zu Anfang wurden die Bauten vermutlich ohne Zuhilfenahme von Werkzeugen erstellt. Nach der Erfindung mehr oder weniger haltbarer Werkzeuge – vor allem solcher mit keilförmiger Schneide – war es unseren Vorfahren dann nicht nur möglich, die von ihnen u.a. für Bauzwecke verwendeten organischen Materialien pflanzlicher und tierischer Herkunft zu bearbeiten, sondern in der Steinzeit zunehmend auch anorganische Materialien wie Kalksandstein und später ab der Kupferzeit auch Metalle.

So lange es noch kein künstliches Licht gab, waren die Menschen darauf angewiesen, dass das natürliche Sonnenlicht durch mehr oder weniger große Tür- und Fensteröffnungen in das Rauminnere eintreten konnte. Nach der Erfindung bzw. Nutzbarmachung des Feuers – vor allem als Schutz vor wilden Tieren und als Wärmequelle für die Menschen sowie zur Zubereitung von Nahrungsmitteln – konnte es auch als Lichtquelle benutzt werden. Erst Mitte des 19. Jahrhunderts wurde es von elektrischem Licht abgelöst.

Baugeschichtlich handelte es sich vermutlich bei den ersten Bauten um sog. „Windschirme“ – geneigte Zweigeflechte, die vor Wind und Regen schützten und unter denen man sich aufhalten konnte – und Bauten, die über Erdgruben errichtet und mit Zweigen, Schilf und Blättern abgedeckt wurden. Es folgten wahrscheinlich die sog. „Nurdach-Häuser“, also Behausungen, bei denen das Dach bis auf den Boden reichte, so wie wir es von kleinen Zelten her auch heute noch kennen. Später kamen dann Gebäude mit prismatischem (zunächst rundem, dann rechteckigem) Grundkörper mit aufgesetztem Spitzdach hinzu. Die Rechteckform der Bauten ermöglichte dabei erstmals auch eine Unterteilung der Gebäude in einzelne Räume, wie sie heute üblich ist. Diese Gebäude waren lange Zeit einstöckig. Erst nach und nach entstanden auch zwei- und mehrstöckige Gebäude, entweder nur aus Holz, z.B. bei Blockhäusern, oder auch aus Holz und Stein, wie es z.B. bei z.T. heute noch erhaltenen Fachwerkhäusern zu sehen ist, die auf einem Erdgeschoss aus Stein aufgesetzt worden sind. Auch Bauten, die überwiegend aus Natursteinen bestanden, wurden erstellt, z.B. als Königsgräber (Pyramiden), Arenen, Tempel, Kirchen, Klöster, Schlösser, Versammlungsräume, Burgen, Wehrtürme, Stadtmauern, Gebiete abgrenzende Mauern (z.B. die chinesische Mauer), Brücken und Wasserleitungen. Dies führte auch zu einer Weiterentwicklung im Bereich der Architektur.

Erst seitdem künstliche Baustoffe wie Ziegel, Beton und Stahl preiswert hergestellt werden können und deshalb auch flächendeckend verwendet wurden, gibt es eine Vielzahl von mehrgeschossigen Bauwerken. Dazu gehören sowohl die monumentalen Gebäude der Ägypter, Griechen und Römer als auch die uns wohlvertrauten 2- bis 12-geschossigen Wohnhäuser, die hohen Wohn- und Geschäftshäuser, vor allem die sog. Wolkenkratzer, die Fernsehtürme und auch die sonstigen großen Bauwerke, z.B. der Eiffelturm.

Anders als bei Bauwerken aus der jüngeren Zeitgeschichte – etwa aus den letzten zwei bis drei Jahrtausenden – und aus der heutigen Zeit spielten bei den Wohnbauten unserer Vorfahren ästhetische Gesichtspunkte zunächst wohl keine Rolle. Stattdessen stand die Funktionalität der Gebäude im Zentrum des Denkens und Handelns. Für die Wohngebäude der ärmeren Bevölkerungsschichten blieb dies auch Jahrtausende lang so. Nicht so bei den weltlichen und kirchlichen Würdenträgern und bei den wohlhabenden Bürgern. Sie leisteten sich repräsentative Prunkbauten, die von ihren Untergebenen zu erstellen und zu bezahlen waren. Diese Gebäude standen in Bezug auf Luxuriosität in geradezu eklatantem Widerspruch zu der Einfachheit und Primitivität der Behausungen, in denen das sog. einfache Volk hausen musste. Beim Besuch eines Schlosses lässt sich das noch heute erahnen, wenn man sich die prunkvollen und hellen Räume, Hallen und Zugangsbereiche der Herrschaften einerseits und die dunklen und spartanisch eingerichteten Räumlichkeiten der Dienerschaft andererseits ansieht. Dieser bautechnische Sachverhalt aus früheren Zeiten, der sich in kulturgeschichtlich einmaligen Bauwerken manifestiert, deren Entstehungs- und Nutzungsgeschichte man aus heutiger Sicht eigentlich nur als skandalös bezeichnen kann, ist architektonisch betrachtet andererseits aber ein kulturgeschichtliches Juwel, auf das wohl niemand von uns heute gerne verzichten würde. Dies zeigen auch die hohen Besucherzahlen in solchen bauhistorisch bedeutsamen Objekten.

Bauplanung

Die Bauplanung befasst sich sowohl mit rechtlichen als auch mit ökologischen, ökonomischen, technischen, ästhetischen, organisatorischen sowie mit soziotechnischen Aspekten.

Sowohl die Lage des Grundstücks als auch Funktion, Gebrauchstauglichkeit, Gestalt und Aussehen von Bauwerken beeinflussen die Bauplanung bzw. werden von ihr beeinflusst.

Es ist üblich, folgende Arten der Bauplanung zu unterscheiden⁴:

Planungsart	zuständig sind	Planungsbeispiele
Hochbauplanung	Architekten	Wohnhäuser, Geschäftshäuser, Verwaltungsgebäude, Industriegebäude, Schulen, Sporthallen
Ingenieurbauplanung	Bauingenieure	Brücken, Behälter, Kläranlagen, Stützwände, Schleusen
Tief-, Straßen- und Landschaftsbauplanung	Landschaftsplaner	Ortsentwässerungen, Straßen, Wege, Deponien, Uferbefestigungen
Fachplanung	Fachingenieure	Heizungs-, Sanitär- und Elektroinstallationen, Klimaanlage, Fördereinrichtungen

Vor dem Hintergrund der Lehrplanvorgaben sollen aus der Vielzahl der Bauplanungsaspekte im Folgenden lediglich ein paar Ausführungen gemacht werden zu rechtlichen Aspekten (Baurecht), zu organisatorischen Aspekten (Bauzeitenplanung) und zu zeichnerischen Aspekten (Bauzeichnungen). Andere ebenfalls wichtige oder zumindest interessante Aspekte müssen hier aus Platzgründen unberücksichtigt bleiben.⁵

Baurecht⁶

Der Bereich Baurecht lässt sich z.B. wie folgt unterteilen:

Bauplanungsrecht

- allgemein: Regelung der Bodennutzung innerhalb des Gemeindegebietes
- speziell: Bauleitplanung als ...
 - **vorbereitende Bauleitplanung: Flächennutzungsplan:** Hierbei handelt es sich um den Plan für die beabsichtigte Art der Bodennutzung (z.B. land- und forstwirtschaftliche Nutzfläche, Gewerbegebiet, Wohngebiet, Straßen). Der Flächennutzungsplan gilt für das gesamte Gemeindegebiet, hat orientierenden Charakter, ist nicht rechtsverbindlich gegenüber dem Bürger (wohl aber für die Kommune) und beschreibt die geplante zukünftige gemeindliche bzw. städtebauliche Entwicklung⁷.
 - **verbindliche Bauleitplanung: Bebauungsplan:** Hierbei handelt es sich um die rechtsverbindlichen Festsetzungen für die Art und das Maß der baulichen Nutzung. Der Bebauungsplan gilt für *einzelne Grundstücke oder auch für größere Gemeindeareale* (Baugebiete). Er wird aus dem Flächennutzungsplan abgeleitet. **Gestaltungsplan:** Dies ist die rechtsverbindliche Festsetzung für die Art der Gestaltung der Grundstücke, z.B. bezüglich Erhalt oder Anpflanzung von Bäumen und Sträuchern.
- Art der baulichen Nutzung
 - allgemeine Nutzungsart (Art der Bauflächennutzung):
 - als **Wohnbauflächen** (W), z.B. Ein- oder Mehrfamilienhäuser
 - als **gemischte Bauflächen** (M), z.B. Wohnhäuser und Geschäfte
 - als **gewerbliche Bauflächen** (G), z.B. Gewerbebetriebe
 - als **Sonderbauflächen** (S), z.B. Hochschulgelände

⁴ Nestle, Hans (Leiter des Arbeitskreises) u.a.: Bautechnik – Fachkunde Bau. 7. Auflage, Haan-Gruiten 1995 (Verlag Europa-Lehrmittel), Seite 138

⁵ Informationen zu Bauplanung, Bauzeichnungen und zu anderen Bereichen der Bautechnik können u.a. in folgenden Lehrerhandbüchern nachgelesen werden: Mämpel, Uwe: Lehrerhandbuch für den Technischen Werkunterricht – Band 2: Bautechnik und Architektur in Unterrichtsbeispielen. 2. Auflage, Weinheim und Basel 1978 (Beltz Verlag); Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen DIFF (Hrsg.): Fernstudienlehrgang Arbeitslehre, Studienbrief zum Fachgebiet Technik – Bau, Verfasser: Mämpel, Uwe und Merz, Ekkehard, Weinheim und Basel 1981 (Beltz Verlag); Heuermann, W. und Köppe, E.F.: Grundwissen Technik. 1. Auflage, Stuttgart 1991 (Ernst Klett Verlag); Erbrecht, Rüdiger und Klein, Jürgen: Wissensspeicher Technik. 1. Auflage, Berlin 1995 (Volk und Wissen Verlag); Krause, K. (Hrsg.): Technisches Grundwissen für Lehrer der polytechnischen Oberschule – Allgemeine technische Grundlagen. 4. Auflage, Berlin 1978 (Volk und Wissen Verlag)

⁶ vgl. hierzu z.B. Hornung, Volker, Imig, Klaus und Rist, Hansjörg: Baugesetzbuch – Landesbauordnung Baden-Württemberg. Stuttgart 1990 (Verlag Kohlhammer); Krohn, Hans-Jürgen: Landesbauordnung Baden-Württemberg. Stuttgart 1991 (Verlag Kohlhammer); Reichert, Bernd: Baurecht – besonderes Verwaltungsrecht für Baden-Württemberg. 3. Auflage, Schramberg/Freiburg 1986; Veil, Michael: Ausgewählte Aspekte des Themenbereiches Bauen und Wohnen unter besonderer Berücksichtigung der Themenaspekte Baurecht, Baufinanzierung und Immobilienkauf. Wissenschaftliche Hausarbeit zur Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Realschulen. Ludwigsburg 1994

⁷ Beispiele und Anregungen für die unterrichtliche Behandlung von Flächennutzungsplänen sowie eine Auswahl von Symbolen, die in ihnen vorkommen können, finden sich z.B. in den Publikationen von Breyer, Herbert und Holzendorf, Ulf: Nutzen des Flächennutzungsplanes – Teil 1 und Teil 2. In: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 76/1995, Seite 19 ff., und Heft 77/1995, Seite 18 f.

- besondere Nutzungsart (Art der Baugebiete):
 - als **Kleinsiedlungsgebiet** (WS), z. B. Kleinsiedlungen und landwirtschaftliche Nebenerwerbsstellen
 - als **reine Wohngebiete** (WR), ausschließlich für Wohngebäude
 - als **allgemeine Wohngebiete** (WA), vorwiegend für Wohngebäude
 - als **besondere Wohngebiete** (WB), z. B. Wohngebäude, Läden und Kleingewerbebetriebe
 - als **Dorfgebiete** (MD), vorwiegend land- und forstwirtschaftliche Betriebe
 - als **Mischgebiete** (MI), z. B. für Gewerbebetriebe, die das Wohnen nicht wesentlich stören, sowie für Bürogebäude u. a.
 - als **Kerngebiete** (MK), z. B. für die Unterbringung von Handelsbetrieben, Verwaltungen, Einzelhandelsgeschäften u. a.
 - als **Gewerbegebiete** (GE), z. B. Gewerbe, die nicht erheblich belästigen, sowie Tankstellen, Büro- und Verwaltungsgebäude
 - als **Industriegebiete** (GI), z. B. erheblich belästigende Betriebe
 - als **Sondergebiete** (SO), z. B. Campingplätze, Einkaufszentren, Hochschulgelände, Mülldeponien, Müllverbrennungsanlagen

• Maß der baulichen Nutzung⁸

Hier wird festgelegt (vgl. das sog. *Füllschema* im Bebauungsplan):

- die **Zahl der Vollgeschosse** eines Gebäudes,
- die **Grundflächenzahl GRZ** (= bebaubare Grundfläche geteilt durch die gesamte Grundstücksfläche); max. erlaubte GRZ ≤ 0,2 für WS, GRZ ≤ 0,4 für WR und WA, GRZ ≤ 0,6 für MD und MI, GRZ ≤ 0,8 für GE und GI
- die **Geschossflächenzahl GFZ** (= m² Geschossfläche geteilt durch die gesamte Grundstücksfläche); max. erlaubte GFZ je nach Anzahl der Vollgeschosse: GFZ ≤ 0,4 für WS, GFZ ≤ 1,2 bei WR und WA, GFZ ≤ 1,6 bei MD und MI und GFZ ≤ 2,4 bei GE und GI
- die **Baumassenzahl BMZ** (= m³ Baumasse geteilt durch die gesamte Grundstücksfläche, nur üblich bei gewerblichen Bauten); max. erlaubte BMZ ≤ 10,0 für GE und GI

Bauordnungsrecht

Hier werden u. a. Regelungen festgelegt zur ...

- Gefahrenabwehr, z. B. Schutz vor Feuer,
- Gestaltung der baulichen Anlagen, z. B. Art der Bebauung,
- Wahrnehmung sozialer Belange, z. B. Bau von Spielplätzen, sowie
- Definition von Fachbegriffen wie „Gebäude“, „Vollgeschoss“ u. a.

Sonstige öffentlich-rechtliche Bauvorschriften

Außerdem sind in den Baugesetzen z. B. Regelungen bezüglich Grenzabstand, Naturschutz, Denkmalschutz, Straßenbau u. a. enthalten.

Füllschema

Um ein optisch möglichst ansprechendes Äußeres von Baugebieten zu erhalten, legen die Gemeinden in ihren Bebauungsplänen fest, wie die einzelnen Grundstücke bebaut werden müssen. Die entsprechenden Angaben werden im sog. Füllschema festgehalten. Es wird i. d. R. wie folgt aufgebaut:

Baugebiet	Zahl der Vollgeschosse
Grundflächenzahl GRZ	Geschossflächenzahl GFZ
Bauweise	Dachneigung
Firsthöhe	

Und so könnte ein Füllschema für ein Wohngebäude z. B. aussehen:

WR	II
0,4	0,6
	25° ± 5°
FH max. 10,00 m	

Dabei bedeuten:

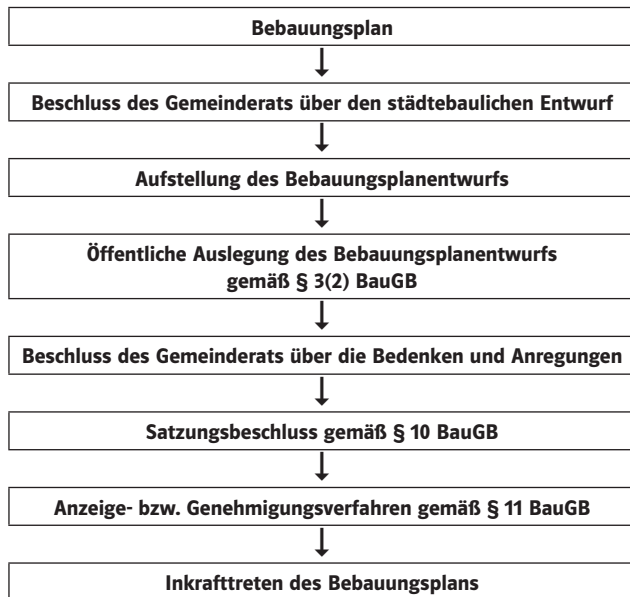
- WR Reines Wohngebiet
- II bis zu 2 Vollgeschosse; wenn die Zahl fett gedruckt ist oder in einem Kreis steht, muss das Gebäude 2 Vollgeschosse besitzen
- 0,4 höchstens zulässige Grundflächenzahl
- 0,6 höchstens zulässige Geschossflächenzahl
- Fettdruck oder Angaben in einem Kreis bedeuten, dass GRZ bzw. GFZ einzuhalten ist
- ED nur Einzel- und Doppelhäuser zulässig; es handelt sich hierbei um die sog. *offene* Bauweise; in einer offenen Bauweise (Kennzeichen im Füllschema: o) dürfen nur Gebäude bis zu einer Gesamtlänge von max. 50 m erbaut werden.
- 25° ± 5° die zulässige Dachneigung darf zwischen 20° und 30° liegen
- FH max. 10,00 m Die maximal zulässige Gebäude-(First-)Höhe darf 10m betragen; als Firsthöhe FH wird dabei die Höhendifferenz zwischen der höchsten Stelle eines Gebäudes und der tiefsten Stelle des Geländes an der Außenwand des Gebäudes bezeichnet.

⁸ vgl. auch Nestle, Hans u. a., a. a. O., Seite 140

Die in den Bebauungsplänen eingezeichneten *Baulinien* und *Baugrenzen* dürfen von den baulichen Anlagen nicht überschritten werden. Sie markieren das sog. *Baufenster*, innerhalb dessen gebaut werden muss. Während das Gebäude an die rot eingezeichneten Baulinien herangerückt werden muss, darf es über die blau eingezeichneten Baugrenzen lediglich nicht herausragen.

Verfahren zur Aufstellung von Bauleitplänen

Im Bundesbaugesetzbuch (BauGB) ist festgelegt, wie die Kommunen bei der Aufstellung von Flächennutzungsplan und Bebauungsplan vorzugehen haben. Die dort und von Zeit zu Zeit auch in Gemeindeblättern und in Tageszeitungen publizierte Vorgehensweise – etwa dann, wenn ein neues Baugebiet ausgewiesen wird – ist im Prinzip die folgende, verdeutlicht am Beispiel eines Bebauungsplans für ein neues Wohngebiet⁹:



Baugenehmigungsverfahren

Das Verfahren zur Genehmigung von Bauanträgen wird in den jeweiligen Landesbauordnungen festgeschrieben. Die folgenden Abbildungen verdeutlichen das Baugenehmigungsverfahren am Beispiel des Landes Baden-Württemberg.¹⁰

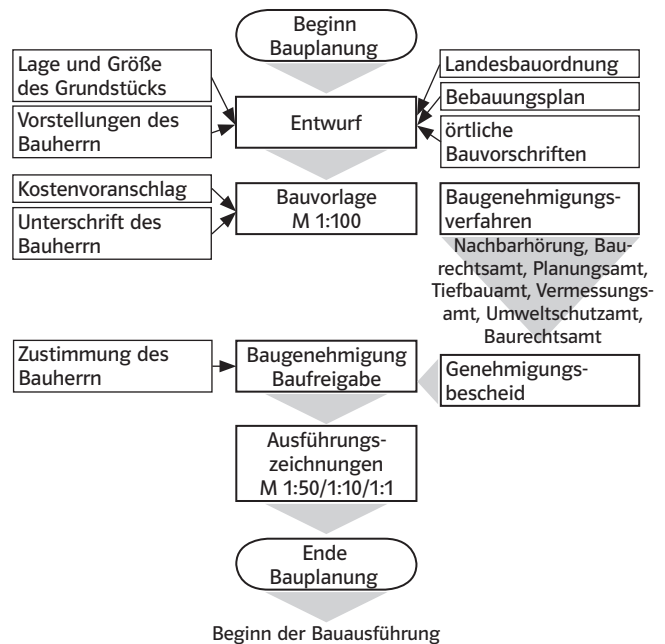


Abb. 1: Darstellung eines Planungsablaufs

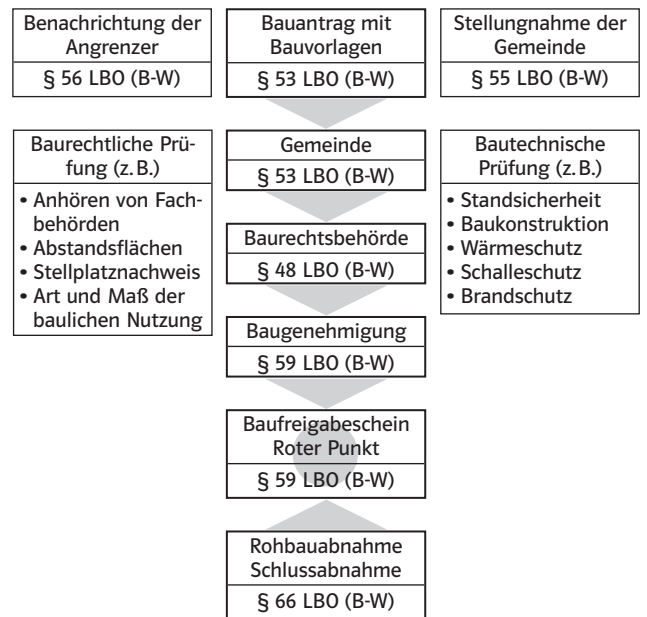


Abb. 2: Baugenehmigungsverfahren in Baden-Württemberg

⁹ vgl. z.B. Freiburger Nachrichten vom 5.12.1991; Ludwigsburger Kreiszeitung vom 25.7.1987, Artikel „Vom Planungskonzept zum genehmigten Baugebiet“, und Rothe, Karl-Heinz: Das Verfahren bei der Aufstellung von Bauleitplänen – eine praxisbezogene Gesamtdarstellung. Stuttgart 1989 (Verlag Kohlhammer)

¹⁰ Nestle, Hans u. a.: Bautechnik – Fachkunde Bau, a.a.O., Seite 145, und Nestle, Hans (Leiter des Arbeitskreises) u. a.: Bautechnik – Grundstufe. 3. Auflage, Haan-Gruiten 1991 (Verlag Europa-Lehrmittel), Seite 15

Mit dem Bauen darf i.d.R. erst bei Vorliegen einer Baugenehmigung begonnen werden. Da das Genehmigungsverfahren häufig unnötig lange dauert, hat die Landesregierung von Baden-Württemberg vor 3 Jahren für bestimmte Wohnbauvorhaben das sog. **Kenntnisgabeverfahren** eingeführt. Nach § 1 der erlassenen Baufreistellungsverordnung sind danach Wohngebäude von geringer Höhe mit nicht mehr als 3 Wohnungen, Garagen mit einer Nutzungsfläche bis 100 m² sowie Stellplätze genehmigungsfrei, vorausgesetzt, die Bauvorhaben liegen innerhalb eines Gebiets mit genehmigtem Bebauungsplan.

In der neuen Verordnung wurde u.a. festgelegt, dass die Baubehörde innerhalb von 5 Werktagen den Eingang der Unterlagen bestätigen muss. Mit der Ausführung des Bauvorhabens darf 2 Wochen nach Eingang der Unterlagen und Bestätigungen bei der Baurechtsbehörde begonnen werden, wenn die Baubehörde die Bauausführung nicht explizit untersagt.¹¹

Bauzeitenplanung

Da die meisten Bauwerke fremdfinanziert werden und deshalb viel Geld (Zinsen) kosten, kommt einer möglichst guten zeitlichen Abstimmung der Arbeiten für die einzelnen „Ge-

werke“ (z.B. Rohbau, Dachstuhl, Türen und Fenster, Elektroinstallation etc.) eine große Bedeutung zu. Dabei können sich die am Bauwerk beteiligten Planer (Architekt, Bauingenieur, ...) und ausführenden Bauhandwerker auf Berechnungen und Erfahrungswerte stützen.

An jeder Baustelle kann man beobachten, dass einzelne Gewerke nacheinander erstellt werden müssen – z.B. kann das Betonieren der Fundamente erst nach dem Ausheben der Baugrube und das Gießen der Decke erst nach dem Erstellen der tragenden Wände erfolgen – und einzelne Arbeiten parallel durchgeführt werden können, z.B. das Einbauen der Heizungs-, Wasser- und Elektroinstallationen.

Um bei der Planung und Durchführung der einzelnen Arbeiten den Überblick zu behalten, ist es üblich, die zu erledigenden Arbeiten in Form grafischer Darstellungen abzubilden, z.B. in Form von Balkendiagrammen oder als Netzpläne.

Die folgenden Abbildungen zeigen solche Balkendiagramme für die Rohbauarbeiten eines Wohnhauses¹² und für ein komplettes Wohngebäude.¹³ Auf die Darstellung von Netzplänen wird hier allerdings verzichtet, weil sie wegen ihres hohen Abstraktionsgrades u.E. für die Verwendung im Technikunterricht nur in Ausnahmefällen geeignet sind¹⁴.

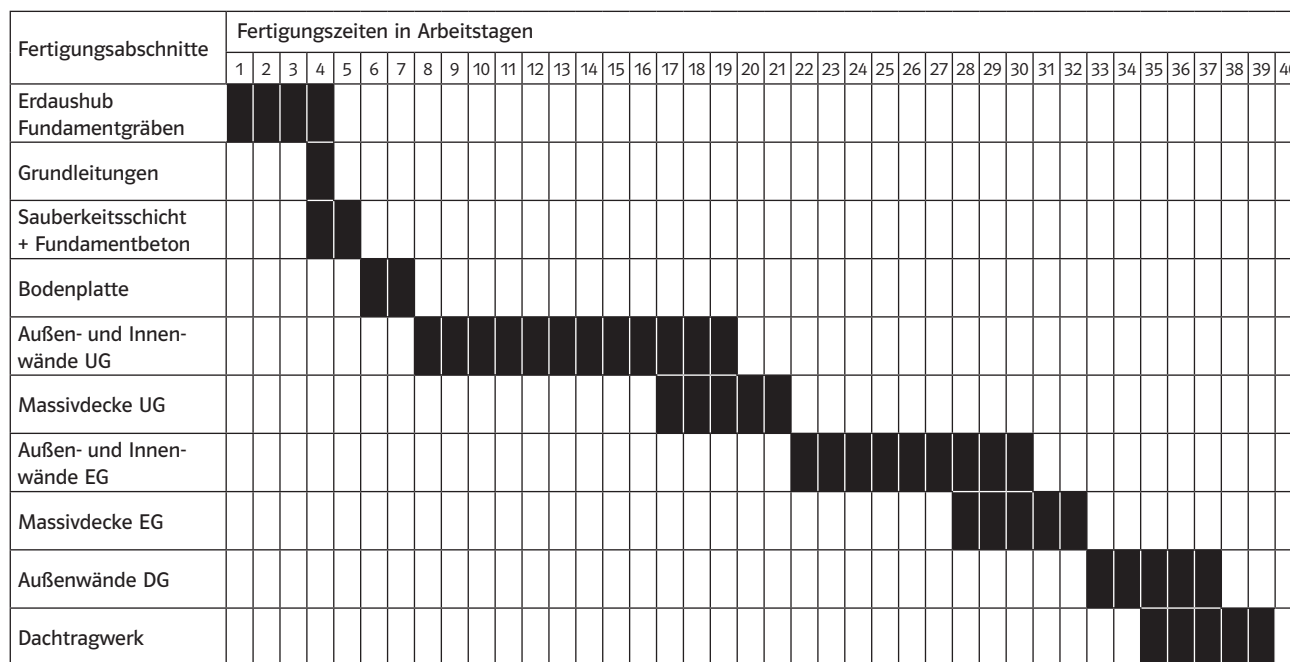


Abb. 3: Balkenplan für die Rohbauarbeiten eines Einfamilienhauses (Auszug)

¹¹ Im Kreis Ludwigsburg wurden 1996 ca. 17% aller Baugenehmigungen nach dem Kenntnisgabeverfahren erteilt. Landesweit waren es sogar ca. 27%; Quelle: Ludwigsburger Kreiszeitung vom 18.7.97, Artikel „Schnell zum roten Punkt“, Seite 9
¹² Nestle, Hans u.a.: Bautechnik – Fachkunde Bau, a.a.O., Seite 152
¹³ Nestle, Hans u.a.: Bautechnik – Grundstufe, a.a.O., Seite 15
¹⁴ Am Beispiel Hausbau wird die Darstellung in Form von Netzplänen z.B. beschrieben in Mämpel, Uwe: Bautechnik und Architektur in Unterrichtsbeispielen, Band 2 der Reihe Lehrhandbuch für den Technischen Werkunterricht. 2. Auflage, Weinheim und Basel 1978 (Beltz Verlag), Seite 71 ff.

Ergänzende Sachinformationen für die Lehrenden

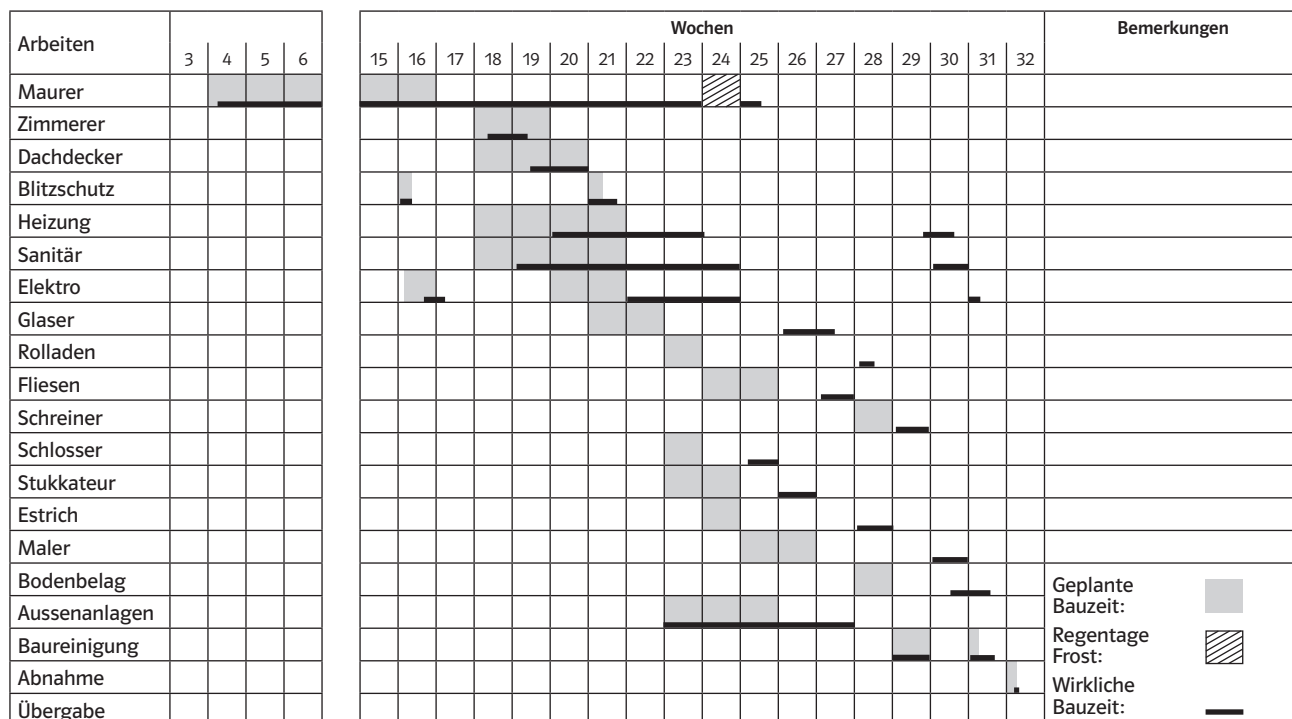


Abb. 4: Beispiel eines Bauzeitenplans

Bauzeichnungen

Die folgende Zusammenstellung soll verdeutlichen, dass es verschiedene Arten von Bauzeichnungen gibt¹⁵.

Arten nach DIN 1356	Inhalt	Üblicher Maßstab
Bauzeichnungen für Entwurf und Bauvorlage		
Lagepläne	Darstellung des Baukörpers in den örtlichen Gegebenheiten	1:1000 1:500
Vorentwurfszeichnungen	Raumaufteilung, Bauglieder sowie Eingliederung des Baukörpers in die Örtlichkeit sind in vorläufiger Anordnung und Abmessung dargestellt	1:500 1:200
Entwurfszeichnung	Darstellung der Bauaufgabe in genauen Abmessungen	1:100
Zeichnungen für die Bauvorlage (Bauantragszeichnungen)	Lageplan sowie Entwurfszeichnungen, ergänzt durch Zeichnungen gemäß besonderer Vorschriften der zuständigen Baugenehmigungsbehörde	Maßstab je nach Erfordernis und Bauvorlagenverordnung
Bauzeichnungen für die Bauausführung		
Ausführungszeichnungen	Enthalten alle für die Bauausführung erforderlichen Maße und Angaben	1:50
Teilzeichnungen (Detailzeichnungen)	Darstellung von Teilbereichen des Baukörpers/Bauteils in allen Einzelheiten der Konstruktion	1:20 1:10 1:5 1:1
Sonderzeichnungen	Darstellung besonderer Konstruktionselemente (z. B. Lüftungsschächte, Klima-, Heizungs- und Sanitäranlage)	Maßstab je nach Erfordernis
Abrechnungszeichnungen	Enthalten die für die Abrechnung notwendigen Angaben (in der Regel dienen auch die oben genannten Bauzeichnungen diesem Zweck)	Maßstab je nach Erfordernis
Bestandszeichnungen	Darstellung eines vorhandenen Baukörpers/Bauteils	Maßstab je nach Erfordernis

¹⁵ Peschel, Peter (Leiter des Arbeitskreises) u. a.: Tabellenbuch Bautechnik. 2. Auflage, Haan-Gruiten 1993 (Verlag Europa-Lehrmittel), Seite 92

Die nach DIN 1356 genormten Bauzeichnungen lassen sich den verschiedenen Arten technischer Zeichnungen zuordnen, die in DIN 199 genormt sind.

Technische Zeichnungen nach DIN 199:¹⁶

Bezeichnung	Definition	Zuordnung von Bauzeichnungen nach DIN 1356
Anordnungsplan	Technische Zeichnung, die die räumliche Lage von Gegenständen zueinander darstellt	Lageplan, Entwässerungsplan, Fundamentplan
Entwurf	Technische Zeichnung, die durch die Wortkombination „- Entwurf -“ auf eine vorläufige Fassung der geplanten Konstruktion verweist.	Vorentwurfszeichnung Entwurfszeichnung, Zeichnungen für die Bauvorlage: Grundrisse Schnitte Ansichten
Konstruktionszeichnung	Technische Zeichnung, die einen Gegenstand in seinem vorgesehenen Endzustand zeigt.	Ausführungszeichnungen: Grundrisse Schnitte Ansichten
Ergänzungszeichnung	Zeichnungen solcher Einzelheiten von Gegenständen, auf die in anderen Zeichnungen Bezug genommen wird	Sonderzeichnungen: Bewehrungszeichnung Abrechnungszeichnung Darstellung von Sanitär-, Elektro-, Heizungsanlagen
Teilzeichnungen	Technische Zeichnung, die einen Teil der Konstruktion darstellt, ohne räumliche Zuordnung zur Gesamtkonstruktion	Teilzeichnungen, Detailzeichnungen

Für Bauzeichnungen gelten die gleichen Zeichenregeln wie für andere technische Zeichnungen auch.¹⁷ Allerdings gibt es ein paar Besonderheiten. Zu ihnen gehören z. B. die folgenden:

- Alle Maße werden üblicherweise in cm oder in m und cm und nicht wie ansonsten üblich in mm angegeben.
- Doppelbemaßungen sind bei der Bemaßung von Grundrissen als Regelfall anzutreffen. Es wird sowohl die Gesamtlänge des Bauwerks als auch die Einzellänge von Mauern und Maueröffnungen in Form von Kettenmaßen angegeben.
- Für die Maßlinienbegrenzung wird anstelle des geschwärtzten Pfeils i. d. R. entweder ein kurzer Schrägstrich, ein gedrungener offener Pfeil oder ein Kreis verwendet. Häufig wird auch ganz auf Maßlinienbegrenzungen verzichtet.
- Neben der Breite von Türen und Fenstern (oberhalb der Maßlinie bemaßt) werden auch deren Höhen (unterhalb der Maßlinie) angegeben.
- Schnittflächen in Wohnbauten sind so zu legen, dass sie durch Maueröffnungen (Fenster, Türen) verlaufen.

- Schnittflächen von Wänden werden häufig nicht schraffiert oder farblich angelegt, wie es in der Norm für das technische Zeichnen eigentlich vorgesehen ist¹⁸, sondern lediglich mit ihren Außenkanten dargestellt. Zum Teil werden Wände auch geschwärzt gezeichnet (z. B. Kellerwände aus Beton oder auch Wände bei Zeichnungen in Maßstäben kleiner als 1:100). Hierbei handelt es sich häufig um architektonenspezifische Arten der Darstellung von Bauzeichnungen.

¹⁶ Peschel, Peter u. a., a. a. O., Seite 103

¹⁷ vgl. hierzu z. B. die Ausführungen im Themenheft „Technisches Zeichnen“, Ernst Klett Verlag, Stuttgart 2010

¹⁸ vgl. hier z. B. Peschel, Peter u. a., a. a. O., Seite 95

Technische Mechanik

Die Technische Mechanik gehört zu den Grundlagendisziplinen der Ingenieurwissenschaften. Sie befasst sich u. a. mit Fragen nach der Art und Größe von Kräften, Momenten, Verformungen, Bewegungen, Spannungen und Drücken in festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen.

Neben der Einteilung der Technischen Mechanik nach der Art des Verhaltens belasteter Körper unter dem Einfluss äußerer Kräfte in die Teilgebiete

- Mechanik der starren Körper
- Mechanik der festen, elastischen oder plastischen Körper
- Mechanik der flüssigen Körper und
- Mechanik der gasförmigen Körper

ist vor allem folgende Einteilung üblich:

Technische Mechanik							
Art des Aggregatzustandes der belasteten Körper							
fest				flüssig		gasförmig	
Statik	Festigkeitslehre	Kinetik		Hydrostatik	Hydrodynamik	Aeorstatik	Aerodynamik
		Kinematik	Dynamik				

Bevor im Folgenden näher auf die Statik und die Festigkeitslehre eingegangen wird, seien vorab noch ein paar kurze charakterisierende Angaben zu den anderen Teilbereichen der Technischen Mechanik gemacht.

Kinematik

Dies ist der Teilbereich der Mechanik, der sich mit den Bewegungsabläufen fester Körper befasst. Die wirkenden Kräfte und Momente interessieren dabei allerdings nicht.

Hierunter fallen u. a. alle technikuterrichtsrelevanten Aspekte, die sich mit Fragen der „Getriebelehre“ befassen, also z. B.

- die Ermittlung des Übersetzungsverhältnisses von Kettengetrieben
- der Bewegungsablauf von Schubkurbelgetrieben oder auch
- die Gesetzmäßigkeiten von Scheibenwischerbewegungen.

Dynamik

Dies ist der Teilbereich der Mechanik, der sich unter Berücksichtigung der wirkenden Kräfte und Momente mit den Bewegungsabläufen fester Körper befasst. Das newtonsche Grundgesetz Kraft $F = \text{Masse } m \cdot \text{Beschleunigung } a$ spielt hier also eine wesentliche Rolle.

Für die Teilgebiete **Hydrodynamik** und **Aerodynamik** gilt das Gleiche wie für die Dynamik, allerdings mit dem Unterschied, dass es bei der Hydrodynamik um dynamische Betrachtungen an bewegten Flüssigkeiten und bei der Aerodynamik um solche bei Gasen geht. Gefragt wird z. B. nach den Geschwindigkeiten, Drücken oder Kräften an Körpern in be-

wegten Flüssigkeiten und Gasen, also z. B. am Schaufelprofil einer Wasserturbine oder am Tragflügel eines Flugzeugs.

Entsprechend der Bedeutung des Begriffes Statik handelt es sich bei der Hydrostatik und der Aerostatik um jene Teilgebiete der Technischen Mechanik, die sich mit statischen Aspekten an ruhenden Flüssigkeiten (**Hydrostatik**) bzw. an ruhenden Gasen (**Aerostatik**) befassen. Gefragt wird z. B. nach den Drücken oder Kräften an Körpern in ruhenden Flüssigkeiten und Gasen, also z. B. nach der Bremskraft an den Rädern eines Autos oder nach dem Schalldruck in der Luft.

Statik

Die Statik befasst sich mit der Ermittlung von Belastungen (Kräfte und Momente) an ebenen und räumlichen Objekten. Diese Belastungen – z. B. das Eigengewicht von Gebäuden oder die sog. Verkehrslasten (insbesondere also Wind- und Schneelasten) – können zu Verformungen oder gar zur Zerstörung von Bauwerken führen. Statische Berechnungen haben deshalb in Verbindung mit Festigkeitsberechnungen (Festigkeitslehre) sicherzustellen, dass es gar nicht erst zu solchen unerwünschten Begleiterscheinungen bei Bauwerken kommt bzw. dass sich die belastungsbedingten Verformungen im Rahmen des Erlaubten bewegen.

Um komplexe Belastungsfälle von Bauwerken rechnerisch erfassen zu können, geht man bei statischen Sachverhalten von folgenden Voraussetzungen aus:

- Man tut so, als seien die Körper *unelastisch*, also *starr*, und verformen sich nicht unter der auf sie einwirkenden Belastung.
- Bei der Verbindung mehrerer Bauteile in Fachwerken geht man unabhängig von deren tatsächlicher Fügetechnik zudem davon aus, sie seien gelenkig miteinander verbunden, könnten also keine Dreh- oder Biegemomente aufnehmen.

Belastungsarten

In Bauwerken treten vor allem folgende mechanischen Belastungsarten auf:

- Druckbelastungen, z. B. von unten auf Fundamente und im Inneren von Mauern und Stützen
- Knickbelastungen, z. B. in Dachsparren und Kehlbalken
- Zugbelastungen, z. B. in Untergurten und Streben von Fachwerken
- Schubbelastungen, z. B. in Leimbindern und Fußpfetten
- Scherbelastungen, z. B. in Seilbolzen und Balkonplatten
- Biegebelastungen, z. B. in Geschossdecken und Balkonen

Kräfte

Kräfte sind gerichtete Größen, so genannte *Vektoren*. Sie werden unter Verwendung eines Kräftemaßstabs (z. B. 1 cm Zeichnung \triangleq 10 kN) symbolisch durch Pfeile dargestellt.

Kräfte sind gekennzeichnet durch

- ihren Betrag, z.B. 10
- ihre Einheit, z.B. N
- ihre Wirkungsrichtung, z.B. senkrecht, und
- ihren Angriffspunkt, z.B. an der Unterseite des Fundaments

Wirkungen von Kräften

Auftretende Kräfte können an ihren Wirkungen erkannt werden. So können Kräfte einen Körper

- *verformen*, z.B. biegen, dehnen, stauchen, verdrillen (tordieren) etc., oder auch
- seinen *Bewegungszustand ändern*, z.B. beschleunigen, abbremsen, auf eine gekrümmte Bewegungsbahn zwingen etc.

Maßeinheit von Kräften

Die Maßeinheit für Kräfte ist das Newton [N].

1N ist die Kraft, die einer Masse von 1kg eine Beschleunigung vom 1m/s² erteilt. Für viele Fälle genügt die vereinfachende Festlegung, dass 1N der Gewichtskraft von 100 g entspricht.

Kraft	Gewicht von ...	
	Masse	Beispiel
1 N	0,1kg	1 Tafel Schokolade
10 N	1kg	1 Laib Brot
1 kN = 1000 N	100 kg	1 kräftiger Mensch
10 kN = 10 000 N	1000 kg	1 Auto
1 MN = 1 000 000 N	100 000 kg	1 Großraumflugzeug

Kraft und Gegenkraft

Jede auf einen Körper wirkende Kraft erzeugt eine *Gegenkraft*. Für diese Gegenkraft gilt bei statischen (also ruhenden) Systemen: Die Gegenkraft

- liegt auf der gleichen Wirkungslinie
- wirkt in entgegengesetzter Richtung
- hat den gleichen Betrag wie die verursachende Kraft

Diese Kräfte werden auch mit den Begriffen *Aktio* = verursachende Kraft und *Reaktio* = Reaktionskraft bezeichnet.

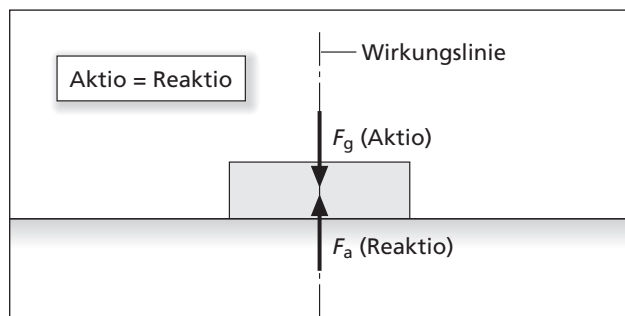


Abb. 5: Kraft und Gegenkraft

Fachwerkkonstruktionen

Ein Fachwerk ist ein ebener oder räumlicher Verbund von miteinander verbundenen Stäben, die ganz oder teilweise zu Dreiecksverbänden zusammengefügt sind. Durch diese Dreiecksverbindungen erhält eine Fachwerkkonstruktion ihre Stabilität.

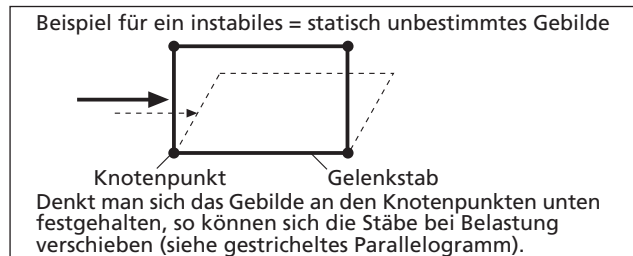


Abb. 6: Statisch unbestimmtes Gebilde aus Gelenkstäben

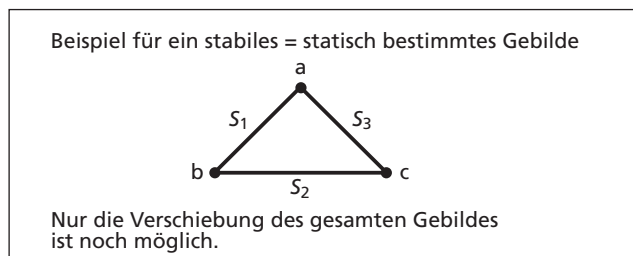


Abb. 7: Statisch bestimmte und stabile Anordnung von Gelenkstäben

Obwohl die Fachwerkstäbe in der Wirklichkeit fest miteinander verbunden sind, geht man bei der Bestimmung der inneren Kräfte eines Fachwerks davon aus, dass die Stäbe *gelenkig* miteinander verbunden und damit nur auf *Druck* oder *Zug* belastbar sind. Die Gelenkpunkte nennt man *Knotenpunkt*. Die Anzahl von Knotenpunkten und Gelenkstäben ist entscheidend für die Stabilität eines Fachwerks.

Ob die Voraussetzungen für ein stabiles Gebilde gegeben sind, kann man durch Abzählen von Knoten und Stäben ermitteln. Statisch bestimmte Fachwerke ergeben sich nämlich

	k = 3	s = 3	k = Anzahl der Knoten s = Anzahl der Stäbe
	k = 4	s = 5	
	k = 5	s = 7	
	k = 6	s = 9	
usw.	k = n	s = 2n - 3	
Man erkennt: Ein Fachwerk ist statisch bestimmt, wenn $s = 2k - 3$ ist. Ist dagegen $s < 2k - 3$, so ist das Fachwerk statisch unbestimmt und damit instabil.			

Abb. 8: Stabilitätsbedingungen für Gebilde aus Gelenkstäben

immer dann, wenn das Gesamtgebilde aus Dreiecken zusammengesetzt ist. Dann ist auch die in der folgenden Formel beschriebene Stabilitätsbedingung erfüllt.

Es gibt eine Vielzahl von Bauten – z. B. Gittermasten, Brücken und Fachwerkhäuser –, die zu ihrer Stabilisierung Dreiecksverbände verwenden. Die folgenden schematischen Abbildungen verdeutlichen dies.

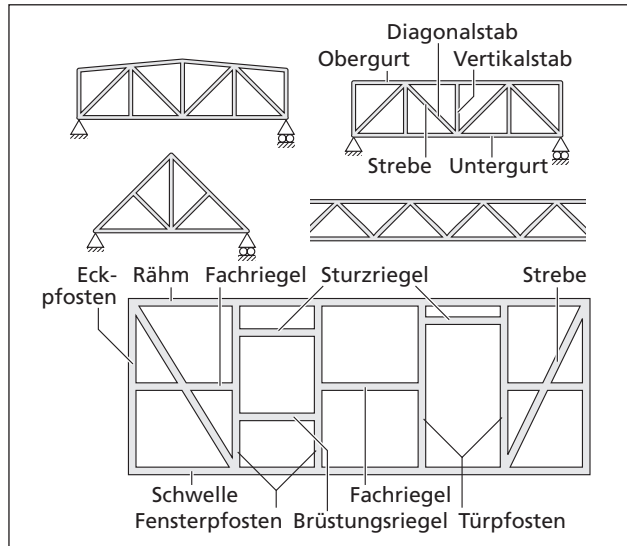


Abb. 9: Stabilisierung durch Dreiecksverbände

Rechnerische Ermittlung der Lagerkräfte von Fachwerken und anderen Gebilden

Nicht nur zur Ausgestaltung von Lagern, sondern z. B. auch zur zeichnerischen Ermittlung von Stabkräften in Fachwerken benötigt man u. U. Größe und Richtung der Lagerkräfte. Man unterscheidet die drei folgenden Lagerarten:

Loslager Dies sind Lager, die nur Kräfte senkrecht zur möglichen Bewegungsrichtung aufnehmen können. Die Richtung der Lagerkraft ist damit stets bekannt.



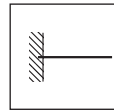
Momente können von Loslagern nicht aufgenommen werden. Es gilt also $\Sigma M = 0$. Loslager findet man z. B. an Brücken. Sie dienen der Kompensation auftretender Wärmespannungen. Die zylinderförmigen Wälzkörper sind i. d. R. gut zu erkennen.

Festlager Dies sind Lager, die Kräfte in allen Richtungen aufnehmen können. Eine Aussage über die Richtung der Lagerkraft ist damit nicht möglich. Momente können von Festlagern ebenfalls nicht aufgenommen werden. Es gilt also auch hier: $\Sigma M = 0$.



Festlager findet man ebenfalls an Brücken, und zwar an jeder Brücke i. d. R. eines. Auch die Radlager am Fahrrad sind Festlager.

Feste Einspannung Dies sind Lager, die sowohl Kräfte in jeder Richtung als auch Momente aufnehmen können. Eine Aussage über die Richtung der Lagerkraft ist damit also nicht so ohne Weiteres möglich. Für die Momentengleichungen gilt mithin folgende Beziehung: $\Sigma M \neq 0$. Feste Einspannungen findet man z. B. bei Balkonen und Geschossdecken.



Zur Bestimmung der Lagerkräfte bedient man sich der folgenden Erkenntnisse und Gleichungen: Bei ruhenden Systemen muss die Summe aller von außen auf das System einwirkenden Kräfte gleich null sein. Es muss also gelten:

- die Summe aller in x-Richtung wirkenden Kräfte ist gleich null, also $\Sigma F_x = 0$
- die Summe aller in y-Richtung wirkenden Kräfte ist gleich null, also $\Sigma F_y = 0$
- die Summe aller in z-Richtung wirkenden Kräfte ist gleich null, also $\Sigma F_z = 0$

Bei Loslagern und Festlagern gilt zusätzlich auch $\Sigma M = 0$. Beispiel:

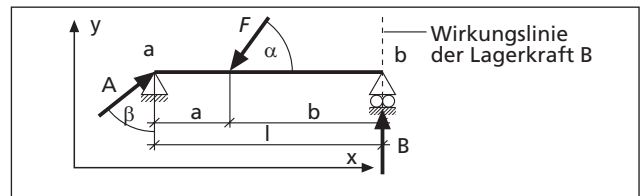


Abb. 10: Lageplan

Über die Gleichung $\Sigma M_a = 0$ lässt sich die Auflagerkraft B des Loslagers berechnen. Dabei ist zu beachten, dass entgegengesetzt drehende Momente unterschiedliche Vorzeichen aufweisen müssen. Üblich (aber nicht zwingend erforderlich) ist es, links drehenden Momenten ein positives Vorzeichen zuzuordnen.

Bezogen auf den Lagerpunkt a erhält man also z. B. folgende Gleichung:

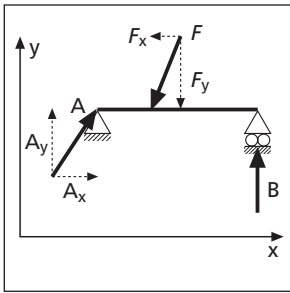
$$\Sigma M_a = 0 = + B \cdot l - F \cdot \sin \alpha \cdot a \text{ bzw. } B \cdot l = F \cdot \sin \alpha \cdot a \text{ oder } B = F \cdot \sin \alpha \cdot a/l$$

Entsprechend erhält man für den Lagerpunkt b folgende Gleichung:

$$\Sigma M_b = 0 = -A \cdot \cos \beta \cdot l + F \cdot \sin \alpha \cdot b \text{ bzw.}$$

$$A \cdot \cos \beta \cdot l = F \cdot \sin \alpha \cdot b \text{ oder } A = \frac{F \cdot \sin \alpha \cdot b}{\cos \beta \cdot l}$$

Die Größe der Festlagerkraft A könnte man auch mithilfe des Pythagoras und der Beziehungen $\Sigma F_x = 0$ und $\Sigma F_y = 0$ berechnen. Dabei ist wieder zu beachten, dass entgegengesetzt wirkende Kräfte unterschiedliche Vorzeichen aufweisen müssen. Dies führt zu folgenden Gleichungen:



$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 &= + A_x - F_x \\ A_x &= F_x = F \cdot \cos \alpha \\ \sum F_y = 0 &= + A_y - F_y + B \\ A_y &= F_y - B = F \cdot \sin \alpha - B \\ A &= \sqrt{A_x^2 + A_y^2} \end{aligned}$$

Abb. 11: Lageplan

Zeichnerische Ermittlung von Stabkräften ebener Fachwerke

Damit ein Gebilde unbeweglich – also ruhend – ist, muss wie bereits erwähnt die Summe aller Kräfte gleich null sein. Das gilt sowohl für das Gebilde insgesamt, also für die Summe aller von außen einwirkenden Kräfte, als auch für jeden einzelnen Punkt innerhalb des Gebildes, also z.B. für die Summe aller an einem Knotenpunkt angreifenden Kräfte.

Da durch die Stäbe des Fachwerks die Lage der Wirkungslinien der Kräfte festgelegt ist – man geht ja „idealisierend“ davon aus, dass in den Stäben nur Zug- oder Druckkräfte wirken können, sodass deren Wirkungslinien durch die Knotenpunkte verlaufen müssen und damit bekannt sind –, kann man für jeden Knotenpunkt des Fachwerks ein Kräfteck zeichnen. Dieses muss geschlossen sein, weil es keine resultierende Kraft geben kann, denn die Summe aller Kräfte ist ja gleich null.

Mit der Anwendung dieser Kenntnisse lassen sich nun auf einfache Weise unbekannte Kräfte zeichnerisch ermitteln. Dies soll im Folgenden am Beispiel eines belasteten Fachwerks (z.B. einer „Hebezeug“-Konstruktion, in deren Knotenpunkt K_1 über eine Rolle oder einen Flaschenzug ein Gewicht angehoben werden kann) gezeigt werden.

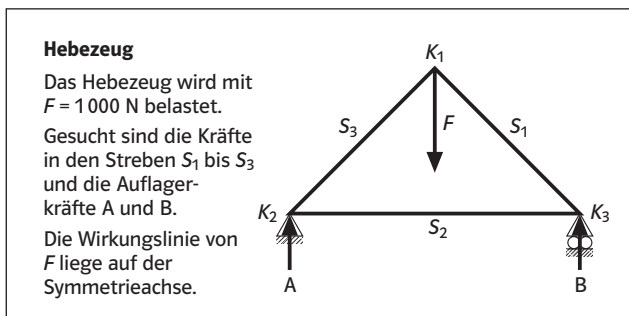


Abb. 12: Bestimmung der Stabkräfte an einem Hebezeug

Vorgehensweise:

Zur Lösung solcher Aufgaben erstellt man für alle Knotenpunkte ein Kräfteck.

An welchem Knotenpunkt man mit der zeichnerischen Lösung der unbekannt Kräfte beginnt, hängt davon ab, an

welcher Stelle des Fachwerks man über eine genügende Anzahl bekannter Größen verfügt. So benötigt man z.B. für einen Kraftangriffspunkt mit 3 Kräften

- 2 Kräfte, deren Größe und Richtung man kennt, oder
- 1 Kraft, deren Größe und Richtung man kennt, sowie die Richtungen der beiden unbekannt Kräfte.

Diese letztgenannte Bedingung ist im obigen Beispiel für den Knotenpunkt K_1 gegeben. Und sie ist auch für die beiden anderen Knotenpunkte gegeben, denn es gilt ja auch Folgendes:

- Da die Kraft F , die von den beiden Auflagern aufgenommen werden muss, senkrecht wirkt, können die beiden Lagerkräfte A und B ebenfalls nur senkrecht wirkende Kräfte sein.
- Da der Knotenpunkt K_1 laut Aufgabenstellung auf der Symmetrielinie liegt, die Wirkungslinie der Kraft F also in der Mitte zwischen den beiden Auflagern verläuft, muss jedes der beiden Lager je die Hälfte der Kraft F aufnehmen.

Zu diesem Ergebnis käme man natürlich auch, würde man die Gleichung $\sum M = 0$ für die beiden Auflagere anwenden.

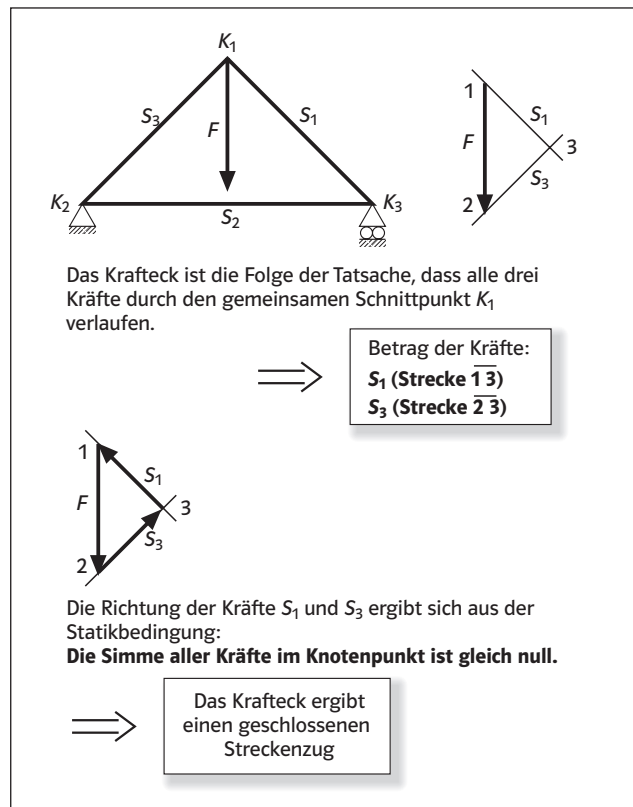


Abb. 13: Kräfteck für den Knotenpunkt K_1

Die Frage, ob es sich bei den beiden Strebenkräften S_1 und S_3 um Zug- oder Druckkräfte handelt, lässt sich sowohl durch Überlegung als auch experimentell oder zeichnerisch beantworten.

Sowohl die Überlegung als auch die Erfahrung lehrt, dass S_1 und S_3 Druckkräfte sind, denn nur dann kann die Kraft F von den Streben kompensiert werden. Ein Experiment würde dieses Ergebnis bestätigen.

Nun zu der zeichnerischen Lösung. Sie wird zeigen, dass Stabkräfte, deren Richtungspfeile – sie werden aus dem Kräfteck in die Nähe des zugehörigen Knotenpunkts übertragen – zum Knotenpunkt hin weisen, Druckkräfte sind. Entsprechend müssen dann Stabkräfte, deren Richtungspfeile vom Knotenpunkt weg weisen, Zugkräfte sein. Die folgenden Abbildungen verdeutlichen dies.

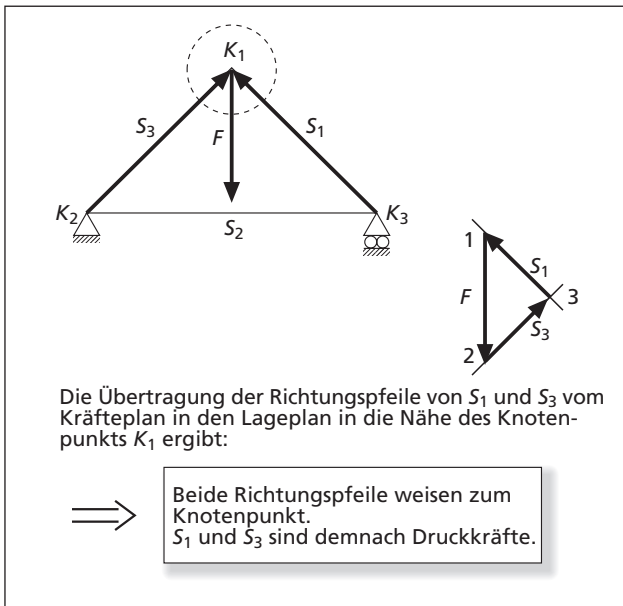


Abb. 14: Ermittlung der Art der Strebenkräfte

Auf die beschriebene Art und Weise lassen sich auch die an den Knotenpunkten K_3 und K_2 angreifenden Kräfte zeichnerisch ermitteln (vgl. Abb. 15 und 16).

Natürlich hätte man die Auflagerkraft A auch mithilfe der Beziehung $\Sigma F_y = 0$ ermitteln können.

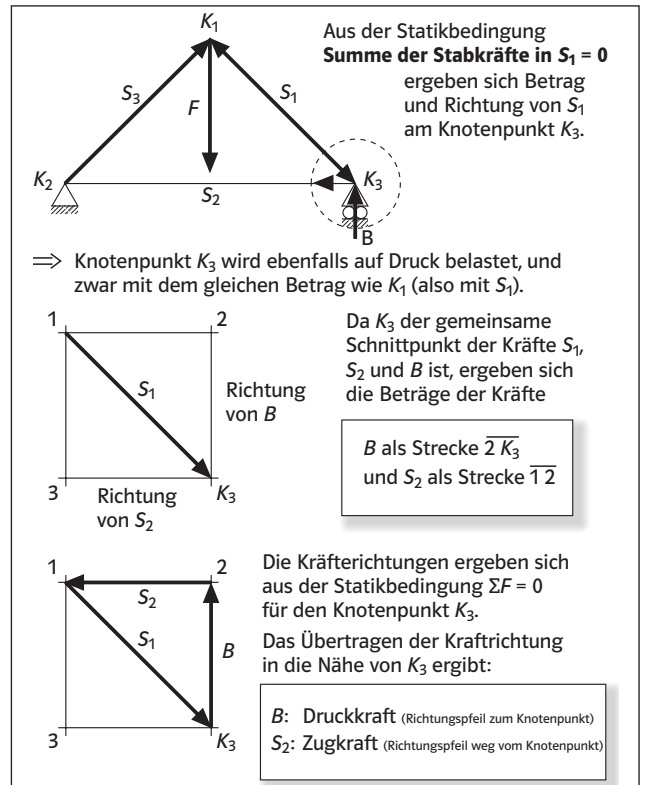


Abb. 15: Kräfteck für den Knotenpunkt K_3

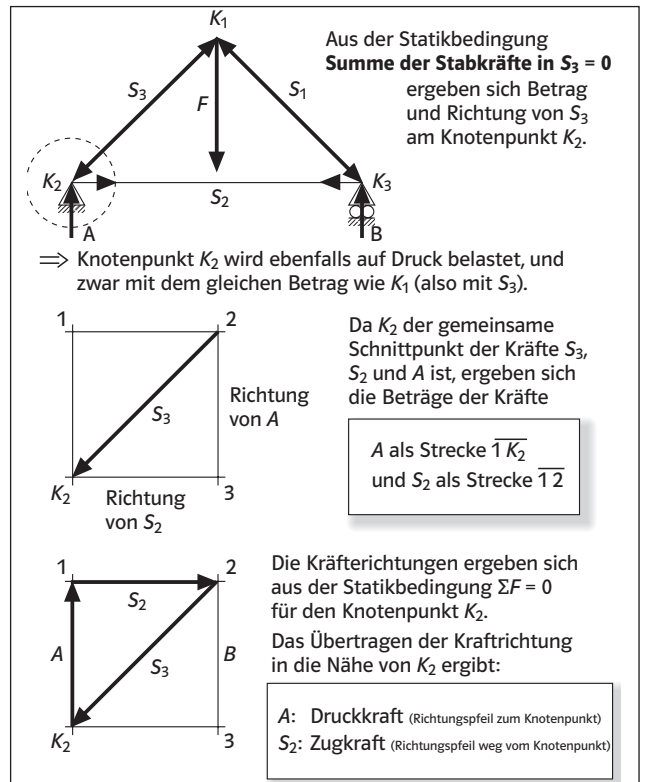


Abb. 16: Kräfteck für den Knotenpunkt K_2

Festigkeitslehre

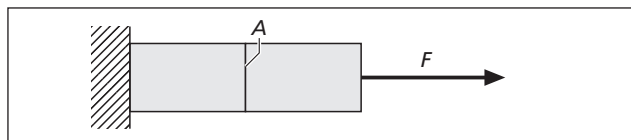
Die Festigkeitslehre befasst sich mit der Ermittlung belastungsabhängiger Formänderungen, der damit verbundenen inneren Werkstoffspannungen sowie mit der Auswahl oder Überprüfung der benötigten Werkstoffe und ihrer Querschnittsform.

Im Gegensatz zur idealisierenden Statik, die die Art und Größe der auftretenden Werkstoffbelastungen (Kräfte und Momente) in – als unelastisch geltenden – ruhenden Bauteilen liefert, geht die Festigkeitslehre also von realen elastischen ruhenden Körpern aus.

Mithilfe geeigneter Methoden und Rechenverfahren geht es in der Festigkeitslehre insbesondere um die Ermittlung oder Überprüfung der inneren Spannungen in Bauteilen, z. B. der Zug-, Druck-, Knick-, Schub-, Scher-, Biege- und ggf. auch Torsionsspannung. Dabei handelt es sich um spezifische Belastungen, also um Belastungen, die auf eine Referenzgröße bezogen werden. Bei Zug-, Druck-, Knick-, Schub- und Scherbelastungen ist dies die Querschnittsfläche A . Die entsprechende Berechnungsformel ist im Themenheft auf Seite 42 angegeben.

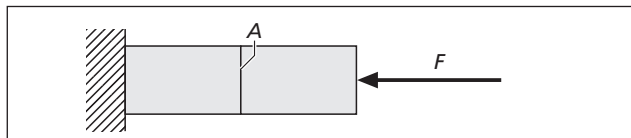
Die folgenden Abbildungen zeigen diese Spannungsarten in einer Prinzipdarstellung.

Zugspannung: $\sigma_z = F : A$



Zugspannungen treten z. B. in Seilen bei Hängebrücken, Schrägseilbrücken und Zeltdachkonstruktionen sowie in den auf Zug beanspruchten Streben von Fachwerken auf.

Druck- und Knickspannung: $\sigma_d = F : A$



Druckspannungen treten z. B. in Mauern, Pfeilern, Brückenpylonen, Torbögen, bogen- und kuppelförmigen Gewölben und in den auf Druck beanspruchten Streben von Fachwerken auf.

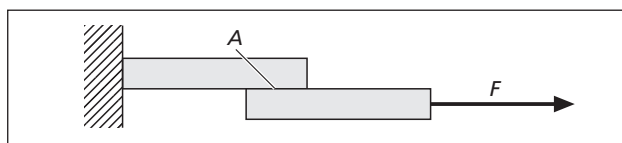
Die **Knickbelastung** ist ein Sonderfall der Druckbelastung. Dabei „beult“ bzw. „knickt“ ein Bauteil bereits bei einer Beanspruchung unterhalb der maximal aufnehmbaren Druckbelastung seitlich aus, und zwar immer senkrecht zur schmaleren

Seite. Mit einem auf Druck beanspruchten Lineal kann man den Schülerinnen und Schülern diese Belastungsart gut verdeutlichen. Verhindert werden kann dieses Ausknicken z. B. durch eine Reduzierung der Bauteillänge oder durch eine geeignete Querschnittsform der auf Knickung beanspruchten Bauteile.

Knickgefährdet sind nur *schlanke* Körper, also Bauteile, die im Vergleich zu ihrem Querschnitt sehr lang sind, z. B. Sparren, Kehlbalken, Stützen und Streben in Fachwerken.

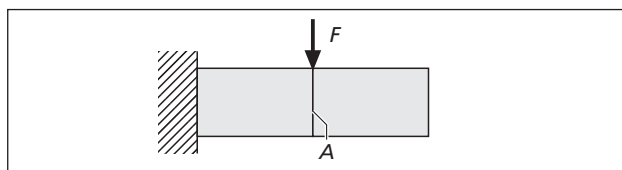
Es bietet sich an, die Schülerinnen und Schüler hinzuweisen auf die in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen auftretenden Verdickungen in Getreidehalmen, auf die Querschnittsformen von Stützen und Streben bei Masten, Baukränen, Brücken und Stahlskelettkonstruktionen von Hallen, auf die Funktion der Kehlbalken bei Sparrendächern und auf die knickgefährdeten Streben in großen Dreiecksflächen bei Fachwerken und die deshalb notwendige weitere Unterteilung in kleinere nicht mehr knickgefährdete Dreiecksverbände.

Schubspannung: $\tau_s = F : A$



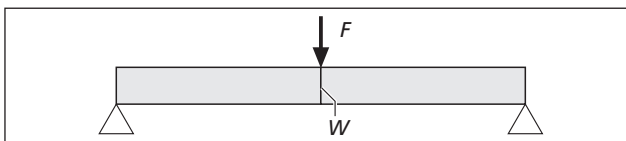
Schubspannungen kommen z. B. in den geklebten bzw. geleimten Fugestellen von Bauteilen vor (u. a. in Leimbändern) und in Bauteilen, in denen sowohl horizontale als auch vertikale Kräfte auftreten, z. B. am Fuße von Pfettendächern, an den Fußpunkten der Kopfbänder bei den Stützen von Pfettendächern und in den „Gelenkstellen“ (Knotenpunkten) von Fachwerken.

Scherspannung: $\tau_s = F : A$



Scherspannungen kommen z. B. vor in auskragenden Balkonen, Geschossdecken, Tür- und Fensterstürzen, bei Schraub- und Nagelverbindungen und in Bauteilen, in denen sowohl horizontale als auch vertikale Kräfte auftreten. Das trifft z. B. für viele Lagerstellen von Stützen und Streben zu, u. a. für die Knotenpunkte von Fachwerken.

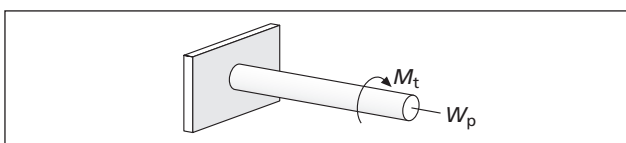
Biegespannung: $\sigma_b = M_b : W$



Biegespannungen treten z. B. in auskragenden Balkonen, Geschossdecken, Tür- und Fensterstürzen und Fahrbahnen von Brücken auf.

Die Gleichung zur Berechnung der Biegespannung ist im Themenheft auf Seite 23 angegeben, und zwar für den Sonderfall eines in der Mitte belasteten Balkens mit rechteckigem Querschnitt. Allerdings sind dabei die für Schülerinnen und Schüler wenig aussagekräftigen Größen Biegemoment M_b und Widerstandsmoment W – es macht eine Aussage über die „Lagewertigkeit“ der belasteten Querschnittsfläche (vgl. Themenheft Seite 44) – durch die anschaulichen Größen Kraft F , Länge l , Breite b und Höhe h ersetzt worden.

Torsionsspannung: $\tau_s = M_t : W_p$

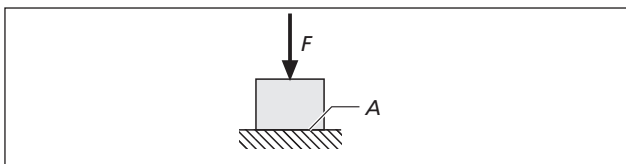


Torsionsspannungen sind bei Bauwerken i. d. R. nicht anzutreffen, wohl aber bei maschinentechnischen Bauteilen, insbesondere bei Wellen. Im Themenheft werden deshalb auch keine Angaben zur Torsionsbelastung gemacht.

Flächenpressung: $p = F : A$

Neben den inneren Belastungen von Bauteilen treten bei Bauwerken natürlich auch **äußere Belastungen** auf, denn schließlich muss sichergestellt werden, dass die Bauwerke nicht im Untergrund versinken. Auf Seite 43 des Themenheftes werden ein paar Angaben zur Funktion der Fundamente gemacht, also zur Gründung von Bauwerken.

Diese Art der äußeren Belastung nennt man Flächenpressung. Sie tritt nicht nur zwischen den Fundamenten und dem Untergrund auf, sondern z. B. auch am Fuße von Mauern und in allen Lagern.



Zahlenwerte können Tabellenbüchern entnommen werden, z. B. dem Tabellenbuch Bautechnik, 2. Auflage, Haan-Gruiten 1993 (Verlag Europa-Lehrmittel), Seite 67. In diesem Buch findet man auch Formeln zur Berechnung der Spannungen und Durchbiegungen von Bauteilen (Seite 62) sowie Kurzinformationen und Zahlenwerte für die Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen (Seite 69 ff.), k -Zahlen (Seite 120 f.), Werte für die Luft- und Trittschalldämmung (Seite 129), zum Brandschutz (Seite 130 ff.), Druckfestigkeitswerte von Zement und Beton (Seite 144 und 199), Betonrezepte (Seite 161), zulässige Spannungswerte für Holz (Seite 218), zulässige Flächenpressungen von Baugrund (Seite 252) und weitere Kurzinformationen und Zahlenwerte zu anderen Teilaspekten der Bautechnik, u. a. auch zum Baurecht.

Baustoffe

Baustoffe sind Werkstoffe, die im Bauwesen verwendet werden. Sie lassen sich z. B. wie folgt einteilen:¹⁹

Steine, und zwar

- natürliche Steine²⁰, z. B.
 - Erstarrungsgesteine, insbesondere
 - ▶ Ergussgesteine
 - Basalt, z. B. für Mauerwerk, Treppenstufen, Schotter
 - ▶ Auswurfgesteine
 - Bims, z. B. für Mauerwerk
 - Tuff, z. B. für Abdeckungen und Verkleidungen
 - Trass, z. B. für Trasszement
 - ▶ Tiefengesteine
 - Granit, z. B. für Pflastersteine, Bordsteine und Treppenstufen
 - Ganggestein
 - Porphy, z. B. für Mauerwerk, Treppenstufen und Schotter
 - Ablagerungsgesteine, insbesondere
 - ▶ Sandsteine, z. B. für Mauerwerk und Verblendungen
 - ▶ Kalksteine, z. B. für Schotter und Bindemittel
 - Umwandlungsgesteine, insbesondere
 - ▶ Gneis, z. B. für Pflastersteine
 - ▶ Schiefer, z. B. für Dachdeckungen und Verkleidungen
 - ▶ Marmor, z. B. für Fensterbänke und Fußböden
- künstliche Steine²¹, z. B. als
 - gebrannte Steine
 - ▶ Mauerziegel; es gibt sie in folgenden Formaten:²²

24 Formate von Mauerziegeln (Auswahl)

Bezeichnung	Kurzzeichen	Länge in cm	Breite in cm	Höhe in cm	Steinzahl auf 1m Höhe
Dünnformat	DF	24	11,5	5,2	16
Normalformat	NF	24	11,5	7,1	12
2 Dünnformat	2 DF	24	11,5	11,3	8
3 Dünnformat	3 DF	24	17,5	11,3	8
4 Dünnformat	4 DF	24	24	11,3	8
5 Dünnformat	5 DF	24	30	11,3	8
6 Dünnformat	6 DF	24	36,5	11,3	8
8 Dünnformat	8 DF	24	24	23,8	4
10 Dünnformat	10 DF	24	30	23,8	4
12 Dünnformat	12 DF	24	36,5	23,8	4

Mauerziegel – es gibt sie u. a. als Vollziegel (Mz), als Hochlochziegel (HLz) und als Langlochziegel (LLz) – können je nach ihrer Verwendung unterteilt werden²³ in

- Mauerziegel (Mz); sie werden für das eigentliche Mauerwerk verwendet
- Vormauerziegel (als Vollziegel VMz oder als Hochlochziegel VHLz); sie werden für Sichtmauerwerk und als Verblendung verwendet, nehmen nur wenig Wasser auf und sind deshalb weitestgehend frostbeständig
- Leichtziegel; sie enthalten Luftporen und sind deshalb leichter als normale Mauerziegel (Dichte ca. 0,6–1 kg/dm³): es gibt sie als HLz, VHLz, LLz und als Langlochziegelplatten LLP
- Klinker (K); sie werden ebenfalls für Sichtmauerwerk und als Verblendung verwendet, nehmen so gut wie kein Wasser auf und sind deshalb besonders frostbeständig
- Verblender in Klinker- oder Vormauerziegelqualität; sie sind nur 3–6,5 cm dick und werden im DF- oder NF-Format hergestellt (sog. Riemchen oder Sparverblender)
- Keramikklinker; diese aus keramischen Werkstoffen hergestellten Ziegel werden wie Klinker als Sichtmauerwerk oder als Verblender verwendet, sind säure-, farb-, licht- und frostbeständig und kommen als Keramikvollklinker (KK) und als Keramikhochlochklinker (KHK) vor

¹⁹ vgl. z. B. Nestle, Hans u. a.: Fachkunde Bau für Maurer, Beton- und Stahlbetonbauer, Zimmerer und Bauzeichner. 7. Auflage, Haan-Gruiten 1995 (Verlag Europa-Lehrmittel), Seite 50 ff.

²⁰ Nestle, Hans, a. a. O., Seite 50 ff.

²¹ Nestle, Hans, a. a. O., Seite 53 ff.

²² Nestle, Hans, a. a. O., Seite 55

²³ Nestle, Hans, a. a. O., Seite 55 ff.

- ▶ *Dachziegel*; sie werden zum Abdecken von Dächern verwendet
- ungebraunte Steine
 - ▶ *Kalksandsteine*; es gibt sie als Kalksandvollsteine (KS) und als Kalksandlochsteine (KS L) in den gleichen Formaten wie die Mauerziegel
 - ▶ *Hüttensteine*; Ausgangsmaterial sind Hochofenschlacke und Bindemittel; es gibt sie als Hüttenvollsteine (HS) und als Hüttenlochsteine (HS L)
 - ▶ *Betonsteine*; sie kommen z. B. vor als
 - Leichtbetonvollsteine (V) und Leichtbetonvollblöcke (Vbl)
 - Leichtbetonhohlblocksteine Hbl
 - Schornsteinformblöcke
 - Wandbauplatten (Wpl), und zwar sowohl als unbewehrte als auch als bewehrte Betonsteine, die aus Gasbeton (G) bestehen – man nennt sie auch Porenbeton –; sie sind erheblich leichter als normale Betonsteine

Keramische Baustoffe²⁴, z. B.

- *Steinzeug* für Bodenfliesen, Ausgussbecken und Kanalisationsrohre
- *Steingut* für Wandfliesen
- *Feuerton* für Ofenauskleidungen und Schornsteine
- *Sanitärporzellan* für Waschbecken und Toiletten

Glas²⁵, verwendet vor allem für Fenster und Türen

Bindemittel²⁶, insbesondere

- *Zement*, z. B. für Beton und Mörtel
- *Kalk*, z. B. für Mauer- und Putzmörtel
- *Gips*, z. B. für Putz- und Estrichmörtel

Beton²⁷, verwendet z. B. für Kellerwände und Geschossdecken; er kommt vor als

- *Leichtbeton* (Dichte bis 2 kg/dm³)
- *Normalbeton* (Dichte bis 2–2,8 kg/dm³)
- *Schwerbeton* (Dichte > 2,8 kg/dm³)

Beton gibt es in folgenden Festigkeitsklassen:^{28 29}

Festigkeitsklasse von Beton			
Betongruppe	Festigkeitsklasse	Nennfestigkeit in N/mm ²	Anwendung
B I	B 5	5	nur für unbewehrten Beton
	B 10	10	
	B 15	15	
	B 25	25	
B II	B 35	35	für unbewehrten und bewehrten Beton
	B 45	45	
	B 55	55	

Holz

Hierzu sollen mit Ausnahme der folgenden Orientierungswerte über die spezifische Belastbarkeit verschiedener Hölzer und Holzwerkstoffe keine weiteren Angaben gemacht werden, weil davon ausgegangen wird, dass jeder Lehrende nicht zuletzt aus eigener Erfahrung über genügend fachliche Kenntnisse über Holz und Holzwerkstoffe verfügt.

Die folgenden Zahlenwerte können für Versuche ähnlich Versuch 2 auf Seite 23 verwendet werden. Die Zahlen für die Wärmeleitfähigkeit³⁰ machen deutlich, dass die Wärmedämmeigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen deutlich schlechter sind als die von Dämmstoffen, wie z. B. Luft [$\lambda \approx 0,024 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] und Styropor [$\lambda \approx 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$], andererseits aber erheblich besser sind als die Wärmeleitfähigkeit von Metallen. So hat z. B. Aluminium einen λ -Wert von ca. 209 W/(m · K) und Stahl einen Wert von $\lambda \approx 45 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Der Wert von Beton ist $\lambda \approx 0,6\text{--}1,28 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, der von Glas $\lambda \approx 0,46\text{--}1,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ und der von Gummi $\lambda \approx 0,13\text{--}0,23 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

²⁴ Nestle, Hans, a. a. O., Seite 64 ff.

²⁵ Nestle, Hans, a. a. O., Seite 66 ff.

²⁶ Nestle, Hans, a. a. O., Seite 70 ff.

²⁷ Batran, Balder u. a.: Grundwissen Bau. 5. Auflage, Hamburg 1992 (Verlag Handwerk und Technik), Seite 123 ff.

²⁸ Batran, Balder u. a., a. a. O., Seite 123

²⁹ vgl. u. a. auch Batran, Balder u. a.: Fachstufe Bau. 5. Auflage Hamburg 1991 (Verlag Handwerk und Technik), Seite 257 ff., insbesondere bezüglich der Thematik Schalung

³⁰ Entsprechende Werte können Taschenbüchern mit wärmetechnischem Zahlenmaterial entnommen werden.

Zulässige Belastbarkeit von Holz und Holzwerkstoffen ³¹						
Werkstoff	Belastungsrichtung bezogen auf Faserverlauf bzw. Herstellungsrichtung	Zugfestigkeit in N/mm ²	Druckfestigkeit in N/mm ²	Biegefestigkeit in N/mm ²	Scherfestigkeit in N/mm ²	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m·K)
Fichte	parallel	90	50	78	6,7	0,22
	senkrecht	2,7	5,8	4,6		0,12
Kiefer	parallel	104	55	100	10	0,35
	senkrecht	3	7,7	5,7	21	0,14
Lärche	parallel	107	47	99	9	
	senkrecht	2,3	6	7,5	25	0,13
Tanne	parallel	84	47	73	5	0,26
	senkrecht	2,3	4,2		27,5	0,12
Ahorn	parallel	100	53	117	9	0,43
	senkrecht	3,5	3,5		33	0,17
Birke	parallel	137	43	125	12	0,06
	senkrecht	7	11			0,14
Eiche	parallel	90	65	100	11	0,42
	senkrecht	4	11	13,5	32	0,19
Rotbuche	parallel	135	63	125	15	0,3
	senkrecht	10,7	10	14,2	35	0,15
Schichtholz	parallel	80–135	70–81	120–143		
Sperrholz	parallel	34–53		53–73		
Spanplatte	parallel	0,5		22–28		
	senkrecht			8–9		
Faserplatte (MDF)	parallel	0,2–3,5		14–24		
Verbundplatte mit Vollholz-Mittellage	parallel	gemäß verwendeter Holzart				
Verbundplatte mit Hohlraum-Mittellage	parallel	2,9	1,7			

³¹ Roland, Klaus u.a.: Wissenspeicher Holztechnik – Grundlagen. 2. Auflage, Leipzig 1988 (Fachbuchverlag), Seite 43 ff., 86, 98, 105 und 111; vgl. auch Kempe, Margret: Werkstoffe im hauswirtschaftlichen Bereich, Gebrauchseigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten. Arbeit und Technik in der Schule, Heft 9/96, Seite 332.

Bei den Werten handelt es sich um maximal zulässige Spannungen. Rechnerisch zu berücksichtigende Sicherheitsfaktoren stellen in der Praxis sicher, dass auch unter ungünstigen Belastungssituationen diese zulässigen Spannungen nicht erreicht oder gar überschritten werden.

Ökologisches Bauen

Seit jeher versucht der Mensch, im Einklang mit seiner näheren und weiteren Umgebung zu leben. Zunächst passte er sich dabei lediglich seiner unmittelbaren Umgebung an (vgl. Kapitel Baugeschichte, Seite 28f.). Später und bis in die heutige Zeit hinein gestaltete er diese Umgebung – insbesondere die von ihm bewohnten Räumlichkeiten und die der Kommunen und ihrer Umgebung – mehr und mehr nach seinen individuellen und gesellschaftlichen Bedürfnissen. Heraus kam und kommt dabei vielfach eine Lösung, die zu einer mehr oder weniger großen Störung des ökologischen (Makro-)Gleichgewichts geführt hat, z.B. infolge der Asphaltierung und Zubetonierung großer Flächen.

Hinzu kommt, dass durch die Verwendung technisch hergestellter Baustoffe und Hilfsstoffe, die z.T. eine Vielzahl gesundheitsschädlicher chemischer Produkte enthalten – z.B. Formaldehyd in Spanplatten, kleinste Fasern in Dämmstoffen und Lösungsmittel in Farben –, zunehmend auch das (Mikro-)Gleichgewicht zwischen dem Menschen und seiner nächsten räumlichen Umgebung gestört worden ist. Die Folge davon ist u.a. eine größere Sensibilisierung für und vermehrt auftretende Forderungen nach ökologischem und hier insbesondere nach baubiologisch orientiertem Bauen und Wohnen.

Da sich die Menschen statistisch gesehen heute zu mehr als 80% des Tages in geschlossenen Räumen aufhalten, ist es mehr als naheliegend und berechtigt, sich mit den makro- und mikroökologischen Aspekten des Bauens und Wohnens zu befassen, und zwar auch und gerade im Technikunterricht. Im Folgenden sollen deshalb ein paar Ausführungen zu ökologischen und baubiologischen Aspekten des Bauens gemacht werden³².

Bauökologie

Beim ökologischen bzw. ökologisch orientierten Bauen handelt es sich um eine Denk- und Handlungsweise des Konzipierens und Erstellens von Bauwerken, bei der versucht wird, die Beziehungen zwischen belebter und unbelebter Natur aufeinander abzustimmen und in Einklang zueinander zu bringen. Man geht dabei von der Erkenntnis aus, dass je-

des einzelne Bauwerk – sei es nun ein Gebäude, eine Straße, eine Brücke oder auch eine Windkraftanlage – sowohl in erwünschter als auch in unerwünschter Weise mit seiner Umgebung in einer Wechselbeziehung steht. Beim Bauen unter Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte wird deshalb versucht, alle Faktoren zu erfassen – und zwar sowohl solche, die von der Umgebung auf das Bauwerk einwirken, als auch jene, die vom Bauwerk ausgehen und auf die Umgebung einwirken – und so weit wie möglich zu berücksichtigen. Abb. 17 soll diese Interdependenzen verdeutlichen³³.

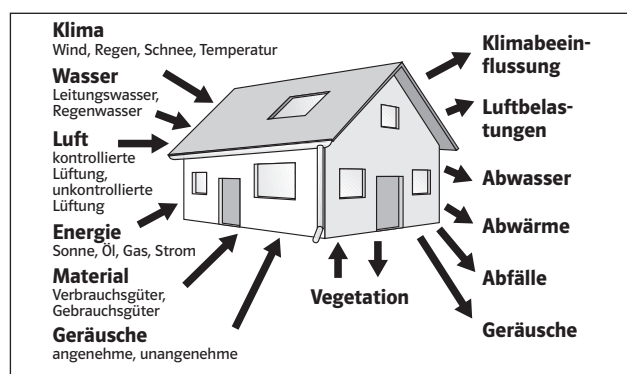


Abb. 17: Wechselwirkung eines Bauwerks mit der Umgebung

Um die Herstellung und Nutzung von Bauwerken einerseits umweltverträglich, andererseits aber auch den Bedürfnissen und Wünschen der Menschen entsprechend gestalten und nutzen zu können, bedarf es zielkonformer ökologischer Prinzipien und Maßnahmen.

Als **ökologische Prinzipien** gelten dabei u.a.³⁴:

- Anpassung an die Faktoren des Standorts, z.B. Verwendung heimischer Baustoffe und Energieträger.
- Begrenzung und Angemessenheit von Dichte und Größe, z.B. Verzicht auf unnötig große Grundstücke und Gebäude, andererseits aber auch Schaffung von kommunalen Gebilden, die über eine ausreichend große Infrastruktur (Geschäfte, Schulen, Ärzte, Arbeitsplätze, ...) verfügen.
- Nutzung des Naturpotentials an Energie und Materie, z.B. Nutzung regenerativer Energieträger und Verwendung von hinreichend dimensionierten Wärmedämmstoffen.

³² vgl. hierzu z.B. auch folgende Literatur: Balkowski, F. D.: Gesund bauen und wohnen. Köln 1984; Kolb, B.: Beispiel Biohaus – Bio- und Solarhäuser im deutschsprachigen Raum. Karlsruhe · München 1984; Kolb, B.: Handbuch für natürliches Bauen. Karlsruhe 1991; König, H.: Wege zum gesunden Bauen: Wohnphysiologie, Baustoffe, Baukonstruktionen, Normen & Preise. 6. Auflage, Staufen 1993; Lorenz, P.: Bauen + Wohnen – umweltbewußt und kostensparend. Stuttgart 1988; Lotz, K.-E. und Ulmer, G. A.: Einführung in die Bau- und Wohnökologie. 2. Auflage, Tunningen 1991; Öko-Test Verlag (Hrsg.): Öko-Test Sonderheft Nr. 16: Bauen – Wohnen – Renovieren. Frankfurt 1995; Rueghoef, S.: Wohnökologie – Grundwissen. Stuttgart 1992; Schmid, P.: Bio-logische Architektur – ganzheitlich human-ökologisches Bauen. Köln 1988; Schneider, A.: Gesünder wohnen durch biologisches Bauen – 25 Grundregeln der Baubiologie. Neubeuern 1987; Schwarz, J.: Ökologie am Bau. Bern · Stuttgart 1991; Stahel, H. P.: Baukunst & Gesundheit – ein praktischer Ratgeber für gesundes Bauen, Umbauen und Renovieren. Aarau/Schweiz 1990; Tomm, A.: Ökologisch planen und bauen. Braunschweig · Wiesbaden 1992; Zuelsdorf, M.: Biologische Bauweise. Düsseldorf 1986; Zwiener, G.: Ökologisches Baustoff-Lexikon. Heidelberg 1994; Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.): Umweltgerechtes Bauen und ökologisches Planen

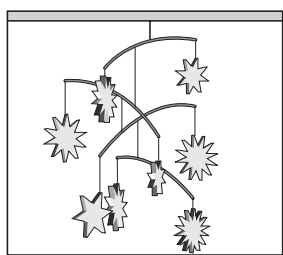
³³ Krusche, P., Althaus, D. u.a.: Ökologisches Bauen. Wiesbaden · Berlin 1982, Seite 6 f.

³⁴ Krusche, P.: a.a.O., Seite 19 ff.

- Kreislaufbildung mit intern ausgeglichenen Bilanzen und harmonischer Wechselbeziehung zur Umgebung, z.B. Baustoffrecycling, passive und aktive Nutzung der Sonnenenergie, Nutzung von Abwärme, beispielsweise durch Blockheizkraftwerke sowie Regen- und Abwassernutzung.
- Vielfalt und Vernetzung der Bauwerke zur Stabilisierung des Systems. Hier ist jedoch ein Abwägen der Vor- und Nachteile unumgänglich, so z.B. bei den Alternativen zentrale oder dezentrale Ver- und Entsorgungseinrichtungen oder auch Verwendung von Zentralheizungen an Stelle von Fernheizungen oder Einzelöfen.

Als Maßnahmen zur Erreichung bauökologischer Zielsetzungen bieten sich u.a. an³⁵:

- Umwelt- und energiebewusste Standortwahl und Gebäudeform
- Umweltschonende Einfügung der Gebäude in die Landschaft
- Erhaltung der Artenvielfalt der Tier- und Pflanzenwelt am Standort
- Minimierung des Energie- und Ressourcenbedarfs bei der Herstellung und Nutzung von Bauwerken
- Nutzung natürlicher Systeme und regenerativer Energiequellen
- Minimierung der Schadstoffbelastungen von Wasser, Boden und Luft
- Herstellung und Verwendung von Baustoffen, die weitestgehend folgenden Prinzipien entsprechen:
 - dezentrale Herstellung
 - geringer Energieaufwand und schadstofffreie bzw. schadstoffarme Herstellung
 - Regenerierbarkeit und Wiederverwertbarkeit
 - Angemessenheit von Material und Aufwand bei deren Herstellung und Verarbeitung
 - positive Wirkung auf das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen



Zusammenfassend kann man sagen, dass sich die Bauökologie mit dem gesamten Bereich der Mensch-Umwelt-Beziehungen und ihrer Wechselwirkungen befasst, die z.B. durch die Herstellung, die Nutzung und den Abbruch von Bauwerken entstehen. Zielsetzung ökologischen Denkens

und Handels ist es dabei, ein stabiles Gleichgewicht zu erhalten oder herzustellen bzw. bei dessen Störung die Beziehung wieder ins Gleichgewicht zu bringen. Wie die nebenstehende

Abbildung eines Mobiles verdeutlichen soll³⁶, ist dies allerdings nicht ganz einfach, da bereits kleinste Änderungen zu großen Wirkungen führen können.

Baubiologie

Während sich die Bauökologie mit dem gesamten Bereich der Mensch-Umwelt-Beziehungen befasst, wird der Teilbereich der Bauökologie, der sich vornehmlich mit den Beziehungen des Menschen mit seiner Wohnumgebung auseinandersetzt, i.d.R. mit Baubiologie bezeichnet.³⁷ Das Haus bzw. die Wohnung wird dabei gewissermaßen als dritte Haut des Menschen (neben der menschlichen Haut und der Kleidung) betrachtet.

Die folgende Übersicht soll nicht nur auf Wortverwandtschaften aufmerksam machen, sondern auch zum besseren Verständnis des Begriffes Baubiologie beitragen.^{38 39}

Baubiologie ⇒ Bau-Bio-Logie		
Bau	Bios	Logos
Haus Heim Heimat Haut	naturbezogen belebte Welt Leben Lebenskraft	Denkinhalt Gedanke Begriff Vernunft Rede Wort Sprache

Zur Realisierung intakter Mensch-Umwelt-Beziehungen werden Regeln für ein gesünderes Wohnen durch biologisches Bauen genannt, z.B. die folgenden 25 Grundregeln der Baubiologie von Schneider.⁴⁰

1. Einen geologisch ungestörten Bauplatz aussuchen.
2. Ein Wohnhaus möglichst abseits von Hauptverkehrswegen und Industriezentren erstellen.
3. Eine möglichst dezentrierte, aufgelockerte Bauweise in durchgrünten Siedlungen anstreben und realisieren.
4. Die Wohnungen möglichst individuell, familiengerecht und menschenwürdig gestalten.
5. Möglichst nur natürliche oder weitestgehend unverfälschte Baustoffe verwenden.
6. Raumumschließungswände möglichst diffusionsdurchlässig und atmungsaktiv gestalten.
7. Eine natürliche Regulierung der Raumluftfeuchte sicherstellen.

³⁵ Krusche, P.: a.a.O., Seite 6 f. und 224

³⁶ vgl. z.B. YTONG AG (Hrsg.): Ökologie heute – Bauen im Einklang mit der Natur. München 1994, Seite 9

³⁷ vgl. z.B. Schneider, Anton: Einführung in die Baubiologie. Schriftenreihe des Instituts für Baubiologie + Ökologie. Neubeuern 1984, Seite 17

³⁸ Schneider, Anton: Einführung in die Baubiologie, a.a.O., Seite 17

³⁹ Bertelsmann Lexikon Verlag (Hrsg.): Bertelsmann Universallexikon, CD-ROM, Stichwort Logos. München 1994

⁴⁰ Schneider, A.: Gesünder wohnen durch biologisches Bauen – 25 Grundregeln der Baubiologie, Neubeuern 1982, Seite 1

8. Schadstoffe der Luft so weit wie möglich eliminieren oder neutralisieren.
9. Auf ein ausgewogenes Maß von Wärmespeicherung, Wärmedämmung und Wärmedämpfung achten.
10. Optimale Oberflächen- und Raumtemperaturen anstreben und sicherstellen.
11. Einen möglichst hohen Anteil der Strahlungswärme an der Gesamtwärmeübertragung unter weitestgehender Nutzung der Sonnenenergiestrahlung anstreben.
12. Sicherstellen, dass die Neubaufeuchtigkeit so gering wie möglich gehalten wird und so schnell wie möglich abklingt.
13. Nur geruchsneutrale oder angenehm riechende Bau- und Hilfsstoffe, die keine toxischen Dämpfe abgeben, verwenden.
14. Für naturnahe Licht-, Beleuchtungs- und Farbverhältnisse sorgen.
15. Auf den Menschen einwirkende Schall- und Vibrationserscheinungen so weit wie möglich vermeiden oder minimieren.
16. Bau- und Hilfsstoffe verwenden, die keine oder nur eine minimale radioaktive Eigenstrahlung besitzen.
17. Anstreben und sicherstellen, dass das natürliche luftelektrische Feld möglichst unverfälscht erhalten bleibt.
18. Eine Veränderung des natürlichen Magnetfeldes möglichst vermeiden.
19. Die Ausbreitung technisch erzeugter elektrischer Magnetfelder möglichst verhindern, z. B. durch eine Abschirmung spannungsführender Leitungen oder durch eine Spannungsfreischaltung.
20. Die ungestörte Einstrahlung der kosmisch-terrestrischen Strahlung ermöglichen.
21. Physiologische Erkenntnisse zur Raumgestaltung und Raumeinrichtung berücksichtigen und anwenden.
22. Harmonische Proportionen, Maße und Formen bei Bauwerken anstreben und realisieren.
23. Hohen Energieverbrauch und starke Umweltbelastungen so weit wie möglich vermeiden oder minimieren.
24. Ressourcenschonend mit Rohstoffen und Baustoffen umgehen.
25. Soziale Folgen des Bauens und Wohnens durch schädigende Nebenwirkungen berücksichtigen und so weit wie möglich minimieren.

Energie im Haus

Wärmeleitung

Eine der Möglichkeiten, Wärmeenergie von Teilchen zu Teilchen eines Stoffes bzw. von Stoff zu Stoff zu transportieren, ist die Wärmeleitung.

Ursache für die Wärmeleitung sind die unterschiedlichen Temperaturen der sich berührenden Stoffteilchen bzw. Stoffe. Wärmeleitung ist also an das Vorhandensein von Masse gebunden. Im Vakuum ist Wärmeleitung deshalb nicht möglich. Dies macht man sich technisch für Isolationsmaßnahmen zunutze, z. B. bei Thermoskannen.

Charakterisierende Kenngröße für das Wärmeleitverhalten eines Stoffes ist seine Wärmeleitfähigkeit λ . Für die Berechnung der Wärmeleistung und der Wärmeenergie infolge Wärmeleitung benutzt man folgende Gleichungen:

Wärmeleistung:

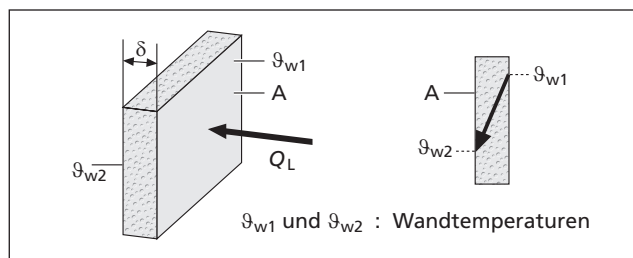
$$Q_L = \frac{\lambda}{\delta} \cdot A \cdot \Delta\vartheta$$

Wärmeenergie:

$$Q_L = \frac{\lambda}{\delta} \cdot A \cdot \Delta\vartheta \cdot t$$

mit Q_L = Wärmeleistung infolge Wärmeleitung, z. B. in W, kW oder MW

- λ = Wärmeleitfähigkeit in W/(m · K)
- δ = Wanddicke in Richtung des Wärmestroms in m
- A = Fläche, durch die der Wärmestrom abfließt, in m²
- $\Delta\vartheta$ = Temperaturdifferenz in K
- t = Einwirkdauer, z. B. in s oder h



Der Ausdruck $\frac{\lambda}{\delta} = \Lambda$ (Groß Lambda) in W/(m² · K)

wird auch als Wärmedurchlasszahl bezeichnet. Sie gibt an, wie viel Wärmeleistung durch 1 m² geleitet wird.

In der Tabelle „Zulässige Belastbarkeit von Holz und Holzwerkstoffen“ auf Seite 45 sind einige λ -Werte angegeben. Weitere Zahlenwerte können der folgenden Tabelle entnommen werden.⁴¹

Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m · K)	
Material	λ in W/(m · K)
Natursteine und gewachsener Boden	
dichte Natursteine (z. B. Granit, Basalt, Marmor)	3,48
porige Natursteine, z. B. Sandstein und Muschelkalk	2,32
Sand und Kiessand, naturfeucht	1,4
Massivlehm und Lehmformlinge	0,93
Strohlehm	0,7
lose Füllstoffe, lufttrocken, in Decken o. ä.	
Sand	0,58
Kies, Split	0,81
Bimskies	0,19
Ziegelsplit	0,41
Putz, Mörtel und Beton	
Innenputz, Außenputz	0,35
Kalkmörtel, Kalkzementmörtel	0,87
Zementmörtel	1,4
Kalkgipsmörtel, Gipsmörtel, reiner Gips	0,7
Kies- und Splitbeton mit geschlossenem Gefüge	
Betongüte ≤ 150	1,51
Betongüte > 150	2,03
Bimsbeton, Blähtonbeton	
Dichte $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$	0,29
Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	0,35
Dichte $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$	0,47
Beton- und Gipsplatten	
Naturbimswandbauplatten	0,29
Wandbauplatten aus gemischten Zuschlagstoffen	0,58
Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	
Wandbauplatten aus Porengips	
Dichte $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$	0,29
Dichte $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$	0,33
Wandbauplatten aus Gips mit Füllstoffen, Hohlräumen oder Poren	
Dichte $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$	0,41
Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	0,47
Dichte $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$	0,58

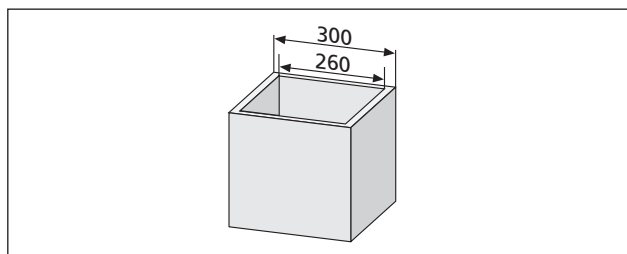
⁴¹ vgl. z. B. DIN 4701: Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden; DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau; RWE Bauhandbuch Technischer Ausbau, herausgegeben vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk, Essen

Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m · k)	
Material	λ in W/(m · k)
Gipsplatten mit beidseitiger Pappumhüllung bei Dicken bis 15 mm	0,21
Mauerwerk einschließlich Mörtelfugen aus ...	
Kalksand-Hohlblocksteine Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$	0,50 0,56
Kalksand-Lochsteine Dichte $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$	0,56 0,70
Kalksand-Vollsteine Dichte $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho > 1800 \text{ kg/m}^3$	0,99 1,05
Leichtbeton-Vollsteine Dichte $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$	0,41 0,47 0,52 0,64
Gas- und Schaumbetonsteine und dampfgehärtete Leichtkalksteine Dichte $\rho = 600 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	0,35 0,41 0,47
Hochbauklinker Dichte $\rho > 1900 \text{ kg/m}^3$	1,05
Hochlochklinker	0,79
Vollziegel, Vormauerziegel Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$	0,47 0,52 0,61 0,79
Lochziegel, Vormauerlochziegel Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$	0,47 0,52 0,61
Fliesen, Dichte $\rho > 2000 \text{ kg/m}^3$	1,05
Wärmedämmstoffe	
mineralische Faserdämmstoffe aus Glas-, Stein- oder Schlackenfasern Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 Wärmeleitfähigkeitsgruppe 040	0,035 0,040
Luft	0,02
Styropor	0,04
pflanzliche Faserdämmstoffe, z.B. Seegras, Kokos-, Holz- oder Torffasern	0,04–0,07
Holzwohle-Leichtbauplatten Plattendicke 15 mm Plattendicke 25–35 mm Plattendicke > 50 mm	0,14 0,09 0,08
Holzfasерplatten Dichte $\rho = 200 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 300 \text{ kg/m}^3$	0,046 0,058

Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m · k)	
Material	λ in W/(m · k)
Korkplatten, Torfplatten Dichte $\rho = 120 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 160 \text{ kg/m}^3$ Dichte $\rho = 200 \text{ kg/m}^3$	0,041 0,044 0,046
Korkparkett	0,06
sonstige Baustoffe	
Glas	0,81
Stahl und Gusseisen	60
Kupfer	350
Aluminium	204
Messing	109
Zink	116
Bronze, Rotguss	64
Eiche	0,21
Buche	0,17
Fichte, Kiefer, Tanne	0,14
Sperrholz	0,14

Beispiel

Wie groß ist die Wärmeleistung und die Wärmeenergie, die von einer Wärmedämmbox aus 2 cm dickem Fichtenholz mit den Außenmaßen 300 x 300 x 300 mm in 30 min von innen nach außen geleitet wird? Innen habe die Wand eine Temperatur von 45 °C, außen eine von 20 °C.



Lösung:

Für die Wärmeleistung gilt

$$Q_L = \frac{\lambda}{\delta} \cdot A \cdot \Delta\vartheta$$

Da die Wärme aufnehmende innere Oberfläche kleiner ist als die Wärme abgebende äußere, wird mit dem Mittelwert von innerer und äußerer Fläche gerechnet, also mit

$$A_m = 1/2 \cdot (A_i + A_a)$$

$$A_i = 0,26 \text{ m} \cdot 0,26 \text{ m} \cdot 6 = 0,4056 \text{ m}^2 \quad \text{und}$$

$$A_a = 0,3 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 6 = 0,54 \text{ m}^2 \quad \text{bzw. zu}$$

$$A_m = 1/2 \cdot (A_i + A_a)$$

$$A_m = 1/2 \cdot (0,4056 + 0,54) \text{ m}^2 \approx 0,47 \text{ m}^2$$

Damit ergibt sich für die Wärmeleistung

$$Q_L = \frac{\lambda}{\delta} \cdot A \cdot \Delta\vartheta$$

$$Q_L = \frac{0,14 \text{ W} \cdot 0,47 \text{ m}^2 \cdot (45-20) \text{ K}}{\text{m} \cdot \text{K} \cdot 0,2 \text{ m}}$$

$$Q_L = 8,225 \text{ W}$$

Gemäß der Beziehung

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}} = \frac{\text{Energie}}{\text{Zeit}}$$

ergibt sich für die in 30 Minuten weitergeleitete Wärmeenergie ein Betrag von

$$Q_L' = Q_L \cdot t = 8,225 \text{ W} \cdot 30 \text{ min} \cdot 60 \text{ s/min}$$

$$Q_L' = 14805 \text{ Ws} = 14805 \text{ J} = 14,805 \text{ kJ}$$

Konvektion

Eine weitere Möglichkeit, Wärmeenergie auszutauschen, ist die Wärmeübertragung mittels Konvektion. Dies setzt allerdings eine Relativbewegung zwischen den Wärme austauschenden Stoffen voraus.

Ein bekanntes Anwendungsbeispiel ist die Konvektion an Heizkörpern. Die Relativbewegung der Luft entlang der Heizkörperflächen ist gut an der Bewegung der Gardinen über den Heizkörpern zu erkennen.

Charakterisierende Kenngröße für die Wärmekonvektion eines Stoffes ist seine *Wärmeübergangszahl* α . Ihr reziproker Wert, also der Ausdruck $1/\alpha$, wird übrigens Wärmeübergangswiderstand genannt.

Für die Berechnung der Wärmeleistung und der Wärmeenergie infolge Konvektion verwendet man die folgenden Gleichungen:

Wärmeleistung:
 $Q_K = \alpha \cdot A \cdot \Delta\vartheta$
 Wärmeenergie:
 $Q_K = \alpha \cdot A \cdot \Delta\vartheta \cdot t$

mit Q_K = Wärmeleistung infolge Konvektion, z.B. in W, kW oder MW

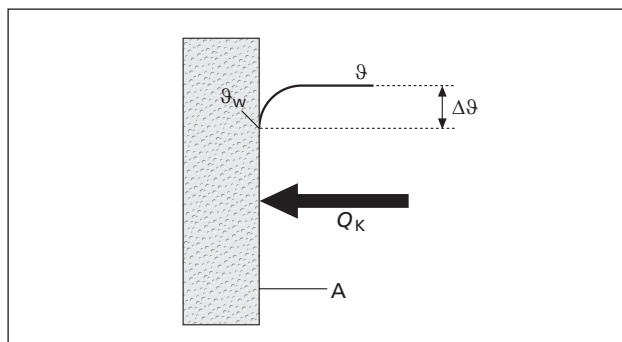
α = Wärmeübergangszahl in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

A = Konvektionsfläche in m^2

$\Delta\vartheta$ = Temperaturdifferenz in K

t = Einwirkdauer, z.B. in s, min oder h

Damit überhaupt ein Wärmestrom fließen kann, muss es eine Temperaturdifferenz zwischen dem Medium und der Oberfläche der Wandung geben. Die folgende Abbildung soll dies verdeutlichen.



Die Größe der Wärmeübergangszahl ist von der Relativgeschwindigkeit der Wärme austauschenden Stoffe abhängig. So hat ruhende Luft in einem Raum z.B. einen Wert von $\alpha_i \approx 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, vom Wind bewegte Luft draußen dagegen einen etwa 3-mal so großen Wert. Bei Außenluft wird üblicherweise mit $\alpha_a \approx 24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ gerechnet.

Bei bewegter Luft wird also mehr Wärmeenergie übertragen als bei ruhender Luft. Dies macht man sich z.B. beim Essen sehr heißer Speisen zunutze, indem man die Speisen anbläst.

Beispiel:

In der zuvor beschriebenen Wärmedämmbox wird im Beharrungszustand – also im Zustand des Gleichgewichts zwischen zugeführter und abgeführter Leistung bzw. Energie – eine Wärmeleistung von 8,225 W von der Innenraumluft mit der Temperatur ϑ an die Box mit der Innenwandtemperatur $\vartheta_w = 45^\circ\text{C}$ übertragen.

Wie groß ist dabei die Lufttemperatur ϑ im Innenraum der Dämmbox?

Lösung:

Für die durch Konvektion übertragene Wärmeleistung gilt die mathematische Beziehung

$$Q_K = \alpha \cdot A \cdot \Delta\vartheta$$

Dies führt zu

$$\Delta\vartheta = \frac{Q_K}{\alpha \cdot A}$$

$$\Delta\vartheta = \frac{8,225 \text{ W}}{8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \cdot 0,47 \text{ m}^2}$$

$$\Delta\vartheta = \vartheta - \vartheta_w = 2,19 \text{ K} = 2,19^\circ\text{C}$$

Damit hat die Luft eine Temperatur von

$$\vartheta = \vartheta_w + \Delta\vartheta = 45^\circ\text{C} + 2,19^\circ\text{C}$$

$$\vartheta = 47,19^\circ\text{C}$$

Wärmedurchgang

Wird Wärmeenergie von einem Medium, das durch eine Wand von einem anderen getrennt ist, auf ein anderes Medium übertragen, spricht man von Wärmedurchgang. Handelt es sich dabei um den Wärmeverlust eines Gebäudes, bezeichnet man diese transportierte Wärmeenergie als Transmissionswärmeverlust. Von der Heizungsanlage muss zusätzlich noch der Lüftungswärmeverlust aufgebracht werden, der z. B. bei geöffneten Fenstern oder Türen durch den Austausch der Innen- und Außenluft stattfindet.

Kennzeichnende Größe für den Wärmedurchgang ist der sog. **U-Wert**. Sie resultiert aus folgender Überlegung:

$Q \sim A$ denn: Je größer die Übertragungsfläche ist, desto größer ist auch die übertragene Wärmeenergie.

$Q \sim \Delta\vartheta$ Je größer die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Wandseiten ist, desto größer ist auch die übertragene Wärmeenergie.

$Q \sim t$ Je länger der Wärmeaustausch dauert, desto mehr Energie wird übertragen.

Dann gilt aber natürlich auch

$$Q \sim A \cdot \Delta\vartheta \cdot t$$

Aus dieser Proportion wird durch Hinzufügen des materialabhängigen Proportionalitätsfaktors U die Gleichung für den Wärmedurchgang

Wärmeleistung:
 $Q = U \cdot A \cdot \Delta\vartheta$
 Wärmeenergie:
 $Q = U \cdot A \cdot \Delta\vartheta \cdot t$

- mit Q = Wärmeleistung, z. B. in W, kW oder MW bzw. Wärmeenergie, z. B. in Ws, kWh, J, kJ, MJ oder GJ
- U = Wärmedurchgangszahl bzw. U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$
- A = Übertragungsfläche in m^2
- $\Delta\vartheta$ = Differenz der Temperaturen der beiden Wärme austauschenden Medien in K
- t = Einwirkdauer, z. B. in s, min oder h

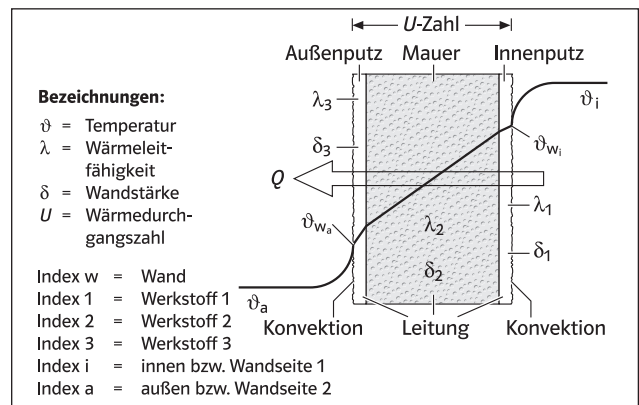
Da die vom einen auf das andere Medium im Gleichgewichtszustand – also im sog. stationären Zustand – transportierte Wärmeleistung bzw. Wärmeenergie zunächst per Konvektion

auf die Wandung, dann per Wärmeleitung auf die andere Wandseite und anschließend wieder per Konvektion auf das 2. Medium gelangt, muss folgende Beziehung gelten:

$$Q_{\text{Konvektion 1}} = Q_{\text{Leitung}} = Q_{\text{Konvektion 2}}$$

Durch Umstellung der Gleichung nach den Temperaturen, Addition der Temperaturen und Gleichsetzung mit der Beziehung $Q = U \cdot A \cdot \Delta\vartheta$ ergibt sich die Bestimmungsgleichung für den U-Wert:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_a}$$



Mithilfe der Wärmeleitfähigkeit λ für die verwendeten Werkstoffe, ihrer Materialdicken δ sowie mit den Wärmeübergangszahlen α_i und α_a ist es damit möglich, ggf. U-Werte z. B. für verputzte und isolierte Mauern oder auch für Versuchsanordnungen wie eine Wärmedämmbox zu berechnen. Mithilfe des Taschenrechners ist das auch den Schülerinnen und Schülern leicht möglich.

Für häufig vorkommende Baustoffe kann man natürlich auch in Tabellenwerken wie den DIN-Normen 4701⁴² und DIN 4108⁴³ oder in der vom Bundesministerium für Wirtschaft kostenlos zu beziehenden Broschüre „Wärmeschutz bei Gebäuden“ bereits ausgerechnete U-Werte nachschlagen.

⁴² DIN 4701: Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden
⁴³ DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau

In der folgenden Tabelle sind einige U-Werte zusammengestellt.⁴⁴

U-Wert in W/(m ² · k)	
Werkstoff oder Werkstoffpaarung	U in W/(m ² · k)
Außentür aus Holz oder Kunststoff	3,49
Innentür	2,33
Holzfenster, einfach verglast	5,24
Doppelscheibe, Isolierglas	3
Doppelscheibe mit Vorhang	2,2
Doppelscheibe mit Kunststoff-Rollläden	1,9
Doppelscheibe mit Kunststoff-Rollläden und Vorhang	1,5
Zweischeiben-Isolierverglasung	2,6
Dreischeiben-Isolierverglasung	2
beschichtete Wärmeschutzscheibe	1,5–1,9
Fenster aus Glashohlsteinen	2,91
Vollziegel, Lochziegel, Vormauerlochziegel Dichte ρ = 1000 kg/m ³	
Außenwand 365 mm	1,01
Außenwand 240 mm	1,38
Innenwand 240 mm	1,26
Innenwand 115 mm	1,90
Dichte ρ = 1400 kg/m ³	
Außenwand 365 mm	1,23
Außenwand 240 mm	1,65
Innenwand 240 mm	1,48
Innenwand 115 mm	2,13
Vollziegel, Vormauerziegel, Hochlochklinker Dichte ρ = 1800 kg/m ³	
Außenwand 365 mm	1,50
Außenwand 240 mm	1,97
Innenwand 240 mm	1,71
Innenwand 115 mm	2,36
Kalksand-Vollstein Dichte ρ = 1800 kg/m ³	
Außenwand 365 mm	1,73
Außenwand 240 mm	2,23
Innenwand 240 mm	1,92
Glas- und Schaumbetonsteine, dampfgehärtet Dichte ρ = 600 kg/m ³	
Außenwand 365 mm	0,80
Außenwand 240 mm	1,12
Innenwand 240 mm	1,04
Dichte ρ = 1000 kg/m ³	
Außenwand 365 mm	1,01
Außenwand 240 mm	1,38
Innenwand 240 mm	1,26

U-Wert in W/(m ² · k)	
Werkstoff oder Werkstoffpaarung	U in W/(m ² · k)
Zweikammer-Hohlblocksteine Dichte ρ = 1000 kg/m ³	
Außenwand 365 mm	0,97
Außenwand 240 mm	1,34
Innenwand 240 mm	1,22
Dichte ρ = 1400 kg/m ³	
Außenwand 365 mm	1,16
Außenwand 240 mm	1,57
Innenwand 240 mm	1,41
Beton Betongüte B ≤ 120	
Außenwand 350 mm	2,29
Innenwand 250 mm	2,70
Betongüte B ≥ 160	
Außenwand 350 mm	2,61
Innenwand 240 mm	3,00
Wandbauplatten aus Gips Dichte ρ = 1000 kg/m ³	
Wandstärke 100 mm	2,02
Wandstärke 75 mm	2,27
Wandstärke 50 mm	2,58

Die Wärmeschutzverordnung schreibt vor, dass bei Änderungen bestehender Gebäude folgende U-Werte einzuhalten sind:⁴⁵

Außenwände (ohne Fenster), Kellerdecken, Decken über kalten Räumen, Fußböden und Wände, die an Erdreich grenzen, Innenwände gegen unbeheizte Räume	$U \leq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Dächer, Dachdecken über Aufenthaltsräumen, Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen, Decken über Durchfahrten und unbeheizten Garagen	$U \leq 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Fenster	$U \leq 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Den reziproken Wert des U-Werts, also den Ausdruck $1/U$, bezeichnet man auch als Wärmedurchgangswiderstand.

Beispiel:

Ermittelt werden soll der U-Wert einer Wärmedämmbox aus 2 cm dickem Fichtenholz mit den Außenmaßen 300 x 300 x 300 mm, die im Technikraum so aufgestellt ist, dass sie allseits von Raumluft umgeben ist, und zwar a) ohne Isolation,

⁴⁴ Wegen der Vielfalt der Bauausführungen können und sollen die Zahlenwerte nur Orientierungscharakter haben. Außerdem sollen sie ggf. auch ein Berechnen von U-Werten ermöglichen. Sie können z. B. aus der DIN 4701, der DIN 4108, dem RWE Bauhandbuch Technischer Ausbau oder z. T. auch aus der folgenden Broschüre entnommen werden: BMWI Bundesministerium für Wirtschaft, Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.): Wärmeschutz bei Gebäuden. Bonn 1983, Seite 6 ff. Alle Werte beziehen sich lediglich auf den angegebenen Baustoff und nicht auf die üblicherweise vorhandenen isolierten und verputzten Wände. Deren Vielfalt ist so groß, dass hier nicht einmal ansatzweise alle Werte aufgeführt werden können. Viele dieser Werte können aber den DIN-Normen oder auch dem RWE Bauhandbuch entnommen werden.

⁴⁵ Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.): Heizkosten sparen = Umwelt schonen, Bonn 1995, Seite 16

- b) mit einer Außenisolation von 2 cm Styropor,
c) mit einer Außenisolation von 4 cm Styropor.

Lösung:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_a}$$

Mit $\alpha_i = \alpha_a = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $\lambda_1 = 0,14 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ für Holz, $\lambda_2 = 0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ für Styropor und $\delta = 0,02 \text{ m}$ bzw. $\delta = 0,04 \text{ m}$ ergibt sich Folgendes:

a) U-Wert ohne Isolation

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})} + \frac{0,02 \text{ m}}{0,14 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})} + \frac{1}{8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$$

$$\frac{1}{U} = 0,392857 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = 2,55 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

b) U-Wert mit 2 cm Isolation

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})} + \frac{0,02 \text{ m}}{0,14 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})} + \frac{0,02 \text{ m}}{0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})} + \frac{1}{8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$$

$$\frac{1}{U} = 0,8928571 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = 1,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

c) U-Wert mit 4 cm Isolation

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})} + \frac{0,02 \text{ m}}{0,14 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})} + \frac{0,04 \text{ m}}{0,04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})} + \frac{1}{8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})}$$

$$\frac{1}{U} = 1,3928571 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$U = 0,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

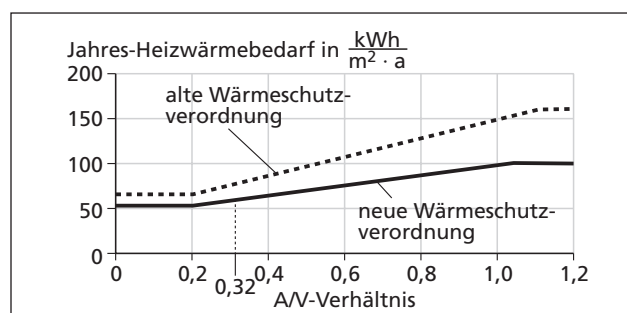
Wärmedämmung

Zur Schonung der Energieressourcen und als Maßnahme des Umweltschutzes hat die Bundesregierung Wärmeschutzver-

ordnungen⁴⁶ erlassen. Während die bis Ende 1994 gültige Verordnung maximal zulässige U-Werte für Neubauten und neubaugleiche Umbauten vorschrieb, zielt die ab dem 1.1.1995 geltende Verordnung auf eine andere Zielgröße ab, und zwar auf den Jahres-Heizwärmebedarf in kWh. Bezieht man den Jahres-Heizwärmebedarf entweder auf das umbaute Gebäudevolumen oder auf die Nutzfläche des Gebäudes, so erhält man eine Energiekennzahl in kWh/(m³ · a) bzw. in kWh/(m² · a).⁴⁷

Aus der folgenden Abbildung ist ersichtlich, welche Energiekennzahlen in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis noch zulässig sind.⁴⁸ A ist dabei die Nutzfläche des Gebäudes in m² und V der umbaute Raum in m³. Diese Werte können zum einen in den Bauunterlagen nachgelesen werden. Zum anderen kann bei Gebäuden mit einer Geschosshöhe bis 2,6 m auch mit folgender Näherungsformel gerechnet werden:

$$A = 0,32 \cdot V$$



Man braucht also nur noch zu wissen, wie groß die Wärmeleistung der eingebauten Heizung oder der Gas- oder Ölverbrauch pro Jahr und dessen Heizwert ist.

Da der Gas- oder Ölverbrauch besonders einfach zu ermitteln ist, seien noch folgende Umrechnungsgrößen genannt:

1 m³ Heizgas bzw. 1 l Heizöl hat einen Heizwert von ca. 10 kWh und einen Brennwert von ca. 11 kWh.

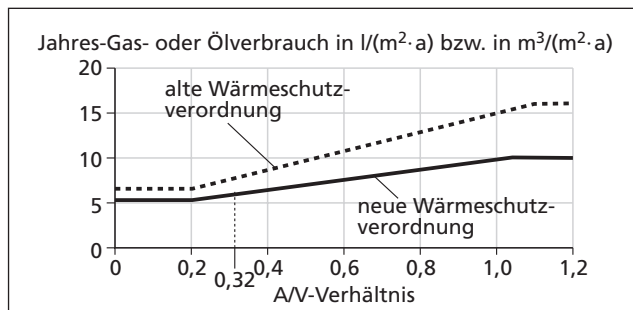
Mit diesem Umrechnungswert kann man die obige Abbildung auch so gestalten, dass der Heizöl- bzw. der Heizgasverbrauch pro m² Wohn- und Nutzfläche und Jahr in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis dargestellt wird. Dies ist deswegen sehr hilfreich, weil es besonders leicht ist, den Gas- oder

⁴⁶ nachzulesen z.B. in der vom Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Referat Öffentlichkeitsarbeit, gemeinsam mit dem Bundesministerium für Wirtschaft, Referat Öffentlichkeitsarbeit, herausgegebenen Broschüre: Wärmeschutz bei Gebäuden – Wärmeschutzverordnung inklusive Wärmebedarfsausweis, Bonn 1996

⁴⁷ Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, a.a.O., Seite 22 f.

⁴⁸ Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, a.a.O., Seite 31, sowie Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Referat Öffentlichkeitsarbeit, (Hrsg.): Verbesserter Wärmeschutz als Gemeinschaftsaufgabe – mit der neuen Wärmeschutzverordnung und der neuen Heizungsanlagen-Verordnung, Seite 26

Heizölverbrauch pro Jahr zu ermitteln, da man aus der Öl- und Gasabrechnung die Verbrauchswerte entnehmen kann.



Beispiel:

Der Besitzer eines 1986 von ihm gekauften Reihenmittelhauses verbraucht pro Jahr ca. 1100 Liter Heizöl. Die DIN-Wohnfläche beträgt 110m². Hinzu kommt noch eine Nutzfläche von ca. 10m² unter den Schrägen im Dachgeschoss und von 50m² im Keller.

Wie groß ist die Energiekennzahl seines Hauses – ausgedrückt in kWh/(m² · a) und in l/(m² · a) – und wie ist sie zu bewerten?

Lösung:

Da das Volumen des umbauten Raums nicht bekannt ist, wohl aber die Nutzfläche, wird das A/V-Verhältnis mithilfe der Näherungsformel berechnet zu

$$A/V = 0,32 V / V = 0,32$$

Aus dem Verbrauch von 1100l Heizöl ergibt sich eine erzeugte Wärmeenergie von

$$1100 \text{ l/a} \cdot 10 \text{ kWh/l} = 11000 \text{ kWh/a}$$

Dies führt zu einer Energiekennzahl von

$$11000 \text{ kWh/a} : (110 + 10 + 50) \text{ m}^2 \approx 65 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \text{ bzw. zu}$$

$$1100 \text{ l/a} : (110 + 10 + 50) \text{ m}^2 \approx 6,5 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

Wie die vorstehenden Abbildungen zeigen, sind diese Werte nach der neuen Wärmeschutzverordnung nicht zulässig. Und auch nach der alten Verordnung ist die Energiekennzahl gerade mal noch zulässig.

Bedenkt man aber, dass die weit überwiegende Anzahl von Wohngebäuden noch einen Heizölverbrauch von deutlich mehr als 15 l/(m² · a) hat – der durchschnittliche Heizölverbrauch betrug 1989 sogar noch 27 l/(m² · a)⁴⁹ –, sieht die Energiekennzahl gar nicht mal so schlecht aus.

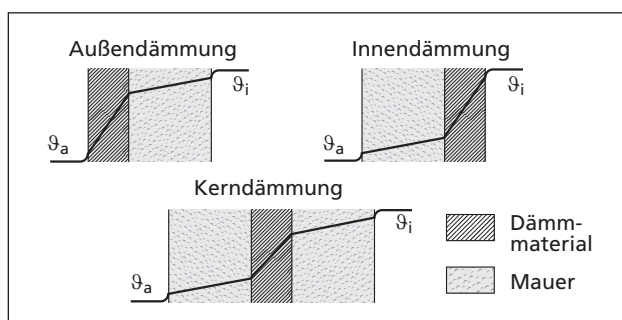
Für Wohngebäude mit zweigeschossiger Bauweise und bis zu 3 Wohnungen gelten die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung als erfüllt, wenn die U-Werte folgende Grenzwerte einhalten:⁵⁰

Außenwände	$U \leq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Fenster, Fenstertüren	$U \leq 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Dachfenster	
Geschossdecken	$U \leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Kellergeschossdecken	$U \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Wände mit Fenstern	$U \leq 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
von Reihenmittelhäusern (Mittelwert aus Wand- und Fensterfläche)	
Wände hinter Heizkörpern	$U \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Fensterflächen hinter Heizkörpern	$U \leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Rollladenkästen	$U \leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Vergleicht man nun diese U-Werte mit den in der Tabelle auf Seite 53 angegebenen, so wird klar, dass man diese sehr kleinen U-Werte nur mit einer sehr guten Isolation erreichen kann. Und genau die war bis vor wenigen Jahren noch nicht üblich, weil die Heizöl- und Gaspreise noch relativ gering waren und man sich um Probleme des Umweltschutzes noch nicht sonderlich gekümmert hat.

Dies ist heute anders. Mit der Wärmeschutzverordnung wird jetzt sichergestellt, dass Gebäude gut isoliert werden. Als Nachweis dafür wurde für Neubauten ein Wärmebedarfsausweis – er wird auch als Wärmepass bezeichnet – eingeführt⁵¹, den sich Mieter und Käufer von Wohnungen aushändigen lassen sollten.

Um die mit den Vorgaben der Wärmeschutzverordnung einhergehenden niedrigen U-Werte erreichen zu können, gibt es im Prinzip die folgenden drei Dämmmöglichkeiten bzw. Kombinationen davon:



⁴⁹ nachzulesen z.B. in der folgenden kostenlos zu beziehenden sehr empfehlenswerten Broschüre: Bundesministerium für Wirtschaft BMWI, Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.): Heizkosten sparen = Umwelt schonen, Bonn 1995, Seite 6

⁵⁰ Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Referat Öffentlichkeitsarbeit, gemeinsam mit dem Bundesministerium für Wirtschaft, Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.): Wärmeschutz bei Gebäuden – Wärmeschutzverordnung inklusive Wärmebedarfsausweis, Bonn 1996, Seite 33, 37, 85 und 99, und BMWI-Broschüre Heizkosten sparen = Umwelt schonen, Seite 16

⁵¹ vgl. die vom Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Referat Öffentlichkeitsarbeit, gemeinsam mit dem Bundesministerium für Wirtschaft, Referat Öffentlichkeitsarbeit, herausgegebene Broschüre: Wärmeschutz bei Gebäuden – Wärmeschutzverordnung inklusive Wärmebedarfsausweis, Bonn 1996, Seite 22 f. und Seite 97 ff.

Bei der Innendämmung, die nachträglich ohne großen Aufwand durchgeführt werden kann, ist jedoch größte Vorsicht geboten. Aufgrund der Dämmwirkung kann die Temperatur im Dämmmaterial nämlich so stark absinken, dass der Gefrierpunkt (0 °C) tief ins Mauerwerk verlagert wird. Gelangt nun Feuchtigkeit ins Mauerwerk – z. B. wegen fehlender oder fehlerhafter Dampfsperren auf der Rauminnenseite des Dämmmaterials oder aufgrund von außen in das Mauerwerk eintretender Feuchtigkeit etwa infolge Regens –, so kann die Feuchtigkeit gefrieren. Wegen der damit verbundenen Volumenvergrößerung führt dies über kurz oder lang unweigerlich zu einem Abplatzen von Mauerteilen. Dies begünstigt ein weiteres Eintreten von Feuchtigkeit und damit eine weitere Zerstörung des Mauerwerks. Mit do-it-yourself-Maßnahmen sollte man also sehr zurückhaltend sein. Stattdessen sollte man eine Außendämmung in Erwägung ziehen. Eine Kerndämmung ist dagegen nachträglich nicht mehr möglich.

Eine technisch hoch interessante Art von Außendämmung ist die sog.

Transparente Wärmedämmung

Ihren Wirkungsmechanismus haben sich Techniker in der Natur abgeschaut. In einer Kundenzeitschrift eines Energieversorgungsunternehmens, die an die Haushalte verteilt wurde, stand ein sehr interessanter Artikel mit der Überschrift „HIGH NATURE – die schwarze Haut des weißen Bären“, in der folgende Passage nachzulesen war⁵²: Ein Bauherr war auf „Publikationen gestoßen, nach denen kanadische Biologen die Eisbären zählen wollten, was auf dem Packeis schwierig und gefährlich ist. Die rettende Idee: Mit hochempfindlichen Infrarotkameras wollte man die Eisbären vom Flugzeug aus orten. Diese Kameras können minimale Wärmeunterschiede aufspüren. Da Eisbären eine Körpertemperatur von 37 °C haben, ergibt sich zum Packeis eine große Temperaturdifferenz, die die Kameras auf jeden Fall aufzeichnen müssten. Doch – nichts war zu sehen. Eisbären verlieren offenbar äußerst wenig Wärme. Sie sind perfekt isoliert.“⁵³

So müsste auch sein Haus isoliert sein, dachte sich der Bauherr. Er stellte Überlegungen an und kam zu folgender Erkenntnis: „Innen ist der Eisbär schwer und massiv (Muskulatur, Organe, Fett) und außen leicht und luftig (Fell). Das massive Innere speichert die Wärme, und das leichte Fell verhindert Wärmeverlust weitgehend.“⁵⁴ Also müsste man innen ein massives Mauerwerk und außen einen leichten

Dämmstoff wählen. Nur – dachte der Bauherr – wegen der Isolierung würde ja die erste Frühlingswärme gar nicht ins Haus gelangen können und auch an warmen Herbsttagen wäre die Sonnenwärme ebenfalls ausgesperrt. Wieso funktioniert das bei den Eisbären aber trotzdem so perfekt?

Ein Zoobesuch brachte den Bauherrn auf die richtige Idee. „Im Eisbärengehege dösten die Bären in der Sonne. . . . Plötzlich wurde mir klar, daß da etwas nicht stimmen konnte. Warum lagen die Bären in der Sonne, bei der Isolierung? Wenn die Wärme nicht rauskann, kann sie doch auch nicht rein, oder!“⁵⁵

Bei der weiteren Auseinandersetzung mit der Thematik klärte sich der rätselhafte Widerspruch für den Bauherrn auf, als er auf folgende Information stieß: „Der Eisbär ist nur scheinbar ein Weißer, in Wahrheit ist er ein Schwarzer. Das Eisbärenfell ist zwar weiß, aber seine Haut ist schwarz. Die Fellhaare sind hohl und funktionieren wie Lichtleiter. Sie leiten das gesamte Spektrum des Sonnenlichts zur Haut. Dort wird es von dem tiefschwarzen Pigment Melanin absorbiert und dabei in Wärme umgewandelt. Die langwellige Wärmestrahlung aber kann durch das Fell nicht wieder nach außen. Deshalb können sich Eisbären trotz perfekter Isolierung sonnen. Es geht also doch [dachte sich der Bauherr; Ergänzung durch die Verfasser], daß Wärme rein kann, obwohl sie nicht rauskann.“⁵⁶

Diese Beobachtungen und Erkenntnisse haben Pate gestanden für die Entwicklung der transparenten Wärmedämmung, kurz mit TWD abgekürzt. „Wie das Eisbärenfell lassen sie das Licht durch und auf eine schwarz gefärbte Wandoberfläche treffen. Dort wird es absorbiert und in Wärme verwandelt. Die Wärme kann durch die transparente Dämmschicht schlecht zurück und dringt dann nach und nach durch die Mauer ins Haus. Die transparente Wärmedämmung heizt so wirksam, daß die Bewohner gebacken würden, wenn im Sommer nicht beschattet würde. Das und die kontrollierte Wärmeabführung aus der Wand, ihre Verteilung im Gebäude und die Speicherung der Überschusswärme bereiten noch Probleme. Der Eisbär löst sie mit seinem Blutkreislauf. Damit kann er die Wärme dosiert abführen und verteilen. Seinen massiven wasser- und fettreichen Körper verwendet er als Speicher.“⁵⁷

Es gibt inzwischen zwar erst eine kleine⁵⁸, aber zahlenmäßig weiter zunehmende Anzahl von Häusern mit einer transparenten Wärmedämmung. Publikationen darüber gibt es

⁵² strom 3/93, herausgegeben von der KAWAG, Seite 12 f. Die nachfolgenden Ausführungen können z.B. einer Schülergruppe zugänglich gemacht werden, die nach der Durcharbeitung dieser und ggf. weiterer Arbeitsunterlagen zur transparenten Wärmedämmung z. B. in Form eines Referates über diese Wärmedämmmöglichkeit berichten könnte (vgl. dazu auch die Angaben auf Seite 31 des Themenheftes).

⁵³ strom 3/93, Seite 12

⁵⁴ strom 3/93, Seite 12

⁵⁵ strom 3/93, Seite 12

⁵⁶ strom 3/93, Seite 12

⁵⁷ strom 3/93, Seite 13

⁵⁸ Grund hierfür sind die noch sehr hohen Kosten für das Dämmmaterial

jedoch schon eine ganze Reihe.⁵⁹ Und bei weiterer Verschärfung der Wärmeschutzanforderungen gehört der TWD sicherlich die Zukunft.⁶⁰

Heizungsanlagen

In engem Zusammenhang mit der Energieeinsparung bei Gebäuden steht auch eine Verbesserung der Heizungsanlagen. Das gilt insbesondere für die Wirkungsgradverbesserung der Heizkessel, aber auch für die Verminderung der Abgas- und der Abstrahlungswärmeverluste. So schreibt z.B. die Kleinf Feuerungsanlagenverordnung vor, dass die Emissionen und die Abgasverluste für alle Heizkessel z.T. deutlich reduziert werden müssen. Seit 1998 müssen z.B. alle gas- oder ölbefeuerten Heizkessel folgende Grenzwerte für die Abgasverluste einhalten:⁶¹

Seit 1998 geltende Grenzwerte für die Abgasverluste aller Heizkessel	
Nennwärmeleistung	Grenzwerte für die Abgasverluste
über 4 bis 25 kW	11%
über 25 bis 50 kW	10%
über 50 kW	9%

Vielen Heizkesseln – man rechnet mit ca. 800 000! – droht damit seit 1998 das vorzeitige Aus. Weitere ca. 600 000 benötigen einen neuen Brenner und bei noch einmal ca. 600 000 Heizkesseln ist eine Neueinstellung des vorhandenen Brenners erforderlich.

Bei einer Überschreitung der Abgasverluste von weniger als einem %-Punkt gab es eine Übergangszeit bis maximal zum Jahr 2004. Bei größeren Überschreitungen ist allerdings ein sofortiger Austausch des Heizkessels erforderlich. Der Schornsteinfeger ist sogar berechtigt, die Heizungsanlage ggf. stillzulegen.

Wer genötigt ist, sich einen neuen Heizkessel zuzulegen, sollte ernsthaft über die Anschaffung eines Niedertemperaturkessels oder besser noch über einen Brennwertkessel

nachdenken. Neben dem erheblich besseren Wirkungsgrad bei beiden Kesselarten kommt beim Brennwertkessel noch hinzu, dass er in der Lage ist, einen Großteil der im Abgas enthaltenen latenten Wärmeenergie für den Heizungsprozess nutzbar zu machen. Dadurch erreicht er Kesselwirkungs- und Nutzungsgrade, die etwa 10 % höher liegen als bei herkömmlichen Heizkesseln. Der Nutzungsgrad⁶² ist dabei das Verhältnis der vom Heizkessel abgegebenen Wärmeenergie – also der Nutzenergie in kWh – und der dem Heizkessel zugeführten Feuerungsenergie, also der Energie, die im Energieträger Heizgas oder Heizöl enthalten ist. Der Nutzungsgrad ist aussagekräftiger als der früher den Bewertungen von Heizungsanlagen zugrundegelegte Kesselwirkungsgrad bei Volllastbetrieb, denn dieser berücksichtigte weder die Abstrahlungs- und Stillstandsverluste noch die Verhältnisse beim Teillastbetrieb der Heizungsanlage.

Üblicherweise wird der Nutzungsgrad auf das Jahr bezogen. Man nennt ihn dann Jahresnutzungsgrad η_a . Er kann sehr einfach wie folgt berechnet werden:⁶³

$$\eta_a = \frac{\eta_K}{b_{vH} - 1 \cdot q_b + 1}$$

mit

η_a = Jahresnutzungsgrad

b_{vH} = Vollbetriebsstunden der Heizungsanlage in h; nach VDI 2067 kann pro Jahr gerechnet werden mit 1533 h bei Kesseln, die auch im Sommer betrieben werden
1491 h bei Kesseln, die im Sommer abgeschaltet werden

Bei gekoppelter Warmwasserbereitung und Heizung erhöhen sich die obigen Werte um ca. 200 h.

q_b = Betriebsbereitschaftsverluste; hier kann z.B. mit einem Wert von 0,06 (6%) gerechnet werden

η_K = Kesselwirkungsgrad; hier kann mit dem Wert 100% – Abgasverlust g_v – 2% für Abstrahlungsverluste s_v gerechnet werden; der Abgasverlust (z.B. 9%) kann dem Messprotokoll des Schornsteinfegers entnommen werden

⁵⁹ vgl. z.B. die vom BINE-Informationdienst, Mechenstraße 57, 53129 Bonn, Tel.: 0228/232086, Fax: 232089, E-Mail: bine@fiz-karlsruhe.de, kostenlos zu bekommenden Info-Blätter aus der Reihe BINE-Projekt Info-Service, z.B. die Nr. 2/März 1990, Nr. 6/Juli 1990, Nr. 4/April 1991, Nr. 14/Oktobre 1992, Nr. 1/April 1993 sowie die BINE-Informationdienst profiinfo Nr. 1/96

⁶⁰ Für den Unterricht geeignete und z.T. ebenfalls kostenlos zu bekommende Materialien zum Themenbereich Energie bzw. zum Teilbereich Wärmedämmung gibt es auch vom Arbeitskreis Schulinformation Energie, Am Hauptbahnhof 12, 60239 Frankfurt, so z.B. die 6-seitige Lehrer-Information Energieeinsparung durch Wärmedämmung. Sie enthält auch eine Kopiervorlage zu Versuchen und Aufgaben zum Wärmetransport und zum Behaglichkeitsempfinden.

⁶¹ Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks, Westerwaldstraße 6, 53757 St. Augustin (Hrsg.): Faltblatt „Ihr Bezirksschornsteinfegermeister informiert über die neue Kleinf Feuerungsanlagen-Verordnung“

⁶² Bundesministerium für Wirtschaft (Hrsg.): Heizkosten sparen = Umwelt schonen, Bonn 1995, Seite 24

⁶³ vgl. z.B. Verbraucherzentrale Niedersachsen und Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Kostenfaktor Heizung. 4. Auflage 1993, Seite 31 ff.

Beispiel:

Es soll der Jahresnutzungsgrad der 11 Jahre alten Heizungsanlage im Haus des Techniklehrers berechnet werden. Der Heizkessel läuft das ganze Jahr über, weil er gleichzeitig den 300-l-Warmwasserboiler erwärmt. Laut Protokoll der Schornsteinfeger-Messung beträgt der Abgasverlust 9%. Die Abstrahlungsverluste können mit 2% angenommen werden.

Lösung:

Bekannt sind also folgende Werte:

$b_{vH} = 1553 + 200 = 1753$ h Betriebsbereitschaft für Kessel einschließlich Warmwasserbereitung

$g_v = 9\% = 0,09$ Abgasverluste

$s_v = 2\% = 0,02$ Abstrahlungsverluste

$q_b = 6\% = 0,06$ Betriebsbereitschaftsverluste

Damit errechnet sich der Jahresnutzungsgrad der Heizungsanlage zu

$$\eta_a = \frac{\eta_K}{\frac{8760}{b_{vH} - 1} \cdot q_b + 1}$$

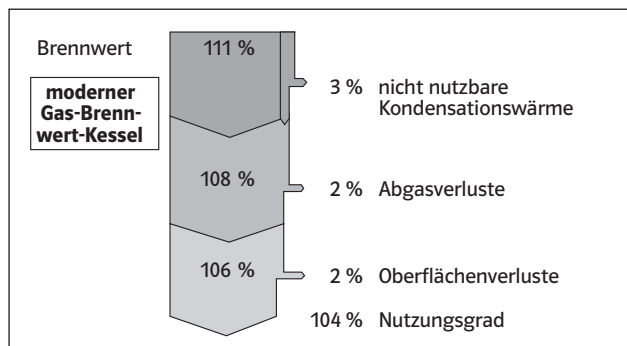
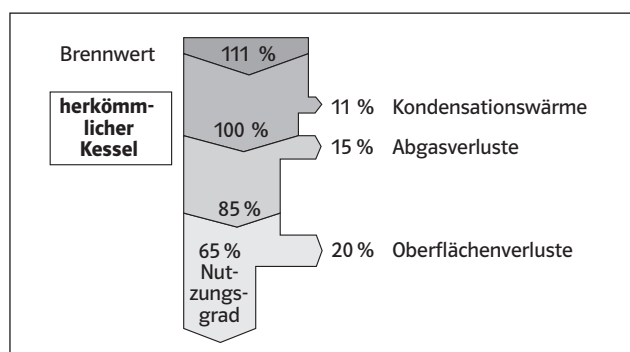
mit

$$\eta_K = 1 - 0,09 - 0,02 = 0,89 \quad \text{und damit}$$

$$\eta_a = \frac{0,89}{\frac{8760}{1553 + 200 - 1} \cdot 0,06 + 1}$$

$$\eta_a = 0,6846 = 68,46\%$$

Dass dieser Nutzungsgrad im Vergleich zum Nutzungsgrad eines Brennwertkessels sehr schlecht ist, machen die folgenden Abbildungen deutlich.⁶⁴ Die dort angegebenen Nutzungsgrade beziehen sich jeweils auf den Heizwert (H_u) und nicht auf den höheren Brennwert (H_o). Die Heizungsanlage im Haus des Lehrers ist also noch weit weg vom Optimum und alles andere als energie- und umweltschonend.



Dieser Nutzungsgrad von 104% bezogen auf den Heizwert ist übrigens gleichbedeutend mit einem Nutzungsgrad von 93,7%, bezogen auf den Brennwert des Energieträgers. Dies ist ein sehr guter Wert. Der Wirkungsgrad von Brennwertkesseln ist übrigens umso größer, je niedriger die Rücklauftemperatur des Heizungswassers ist.

Niedrigenergiehaus

„Dem Niedrigenergiehaus gehört die Zukunft“⁶⁵ hieß es in einem Beitrag einer Tageszeitung mit dem Titel „Das Niedrigenergiehaus – energiesparsam und umweltschonend“. Dabei handelt es sich um Häuser, die mit einem Minimum an Fremdenergie auskommen.

Geeignete bauliche Maßnahmen zur Erreichung eines Niedrigenergiehaus-Status sind u.a.⁶⁶

- kompakte Bauweise
- hochwertige Dämmung der Außenhaut des Gebäudes (Wände, Fenster, Dach, Kellerdecke, ...)
- Vermeidung von Kältebrücken
- passive und aktive Sonnenenergienutzung (günstige Anordnung des Hauses zur Sonne, große Fensterflächen nach Süden, Wintergarten, Dachüberstände, thermischer und fotovoltaischer Sonnenkollektor, Wärmepumpe, ...)
- Energie sparende Heizungsanlage (vorzugsweise Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung oder durch eine Elektro-Wärmepumpe)
- Warmluftheizung in bedarfsgerechter Auslegung (also Verzicht auf die sonst übliche Überdimensionierung)
- Lüftung mit Wärmerückgewinnung
- Energie sparende Elektrogeräte (Lampen, Kühlschrank, Wärmepumpentrockner, ...)
- Windschutzbepflanzung
- Dachbegrünung

⁶⁴ strom 3/97, herausgegeben von der KAWAG, Beitrag Wärme aus dem Wasserdampf, Seite 9

⁶⁵ Ludwigsburger Kreiszeitung vom 21.2.1997, Seite 40

⁶⁶ vgl. z. B. Arbeitskreis Schulinformation Energie (Hrsg.): Lehrerinformationen – Niedrigenergiehaus; dieses 6-seitige Infoblatt enthält u.a. eine informative Kopiervorlage zum Energiesparhaus, zur Energiebilanz eines Einfamilienhauses sowie zur Funktionsweise der transparenten Wärmedämmung

Aus bauphysikalischer Sicht bietet sich folgende Prioritätenliste für Energie sparende Maßnahmen im Wohnungsbau an:⁶⁷

1. Dämmung der Gebäudehülle
2. bedarfsgerechte Auslegung des Heizungssystems
3. Minimierung der Lüftungswärmeverluste
4. Einbeziehung passiver Solarnutzung
5. Warmluftnutzung aus Glasvorbauten
6. kompaktes Gebäude
7. Zonisierung des Gebäudes
8. hohe Strahlungsabsorption der Südfassade durch geeignete Farbgestaltung

Auf einige dieser Maßnahmen wurde im Themenheft auf Seite 39 hingewiesen. Andere Aspekte aus der vorhergehenden Auflistung könnten im Unterricht ergänzt werden. Fertighaushersteller und einige Bauträger bieten inzwischen eine große Palette von Niedrigenergiehäusern bzw. von Energiesparhäusern an.

Zu Versuchszwecken gibt es auch bereits einige Prototypen von sog. Nullenergiehäusern, energieautarken Solarhäusern bzw. Passivhäusern, so z. B. in Freiburg und in Darmstadt. Neben den vorgenannten Maßnahmen zur Energieeinsparung wird dabei u. a. auch auf die Wasserstoff-Technologie mit Speicherung, Brennstoffzelle und katalytischer Verbrennung zurückgegriffen. Das Freiburger Solarhaus kommt pro m² Wohnfläche z. B. mit einem Energieaufwand von 9,3 kWh aus. Ein Haus, das entsprechend den Vorgaben der neuen Wärmeschutzverordnung gebaut worden ist, benötigt dagegen 150 kWh/m², ein Niedrigenergiehaus 106 kWh/m² und ein Passivhaus 29,7 kWh/m².⁶⁸

Wie man sieht, kann man also mit konsequenter Nutzung von Energiesparmaßnahmen den Fremdbedarf an Endenergie auf ein Minimum reduzieren, allerdings noch nicht auf null, wie die Bezeichnungen Nullenergiehaus, energieautarkes Solarhaus und Passivhaus suggerieren.

Schalldämmung

Ausbreitung des Schalls in Bauwerken

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls hängt von der Elastizität und von der Dichte des Mediums ab, in dem der Schall transportiert wird.

Abb. 18 enthält Angaben über die Schallgeschwindigkeit in einigen bautechnisch relevanten Materialien⁶⁹. Sie verdeutlicht indirekt auch, dass Gummi und andere elastische Materialien gut zur Schalldämmung und Schalldämpfung geeignet sind.

Stoffe	Schallgeschwindigkeit bei 20 °C in Meter pro Sekunde
Gummi	■ 40 bis 150
Luft	■ 340
Wasser	■ 1450
Fichtenholz	■ 3300
Ziegelmauerwerk	■ 3500
Eichenholz	■ 3850
Schwerbeton	■ 4000
Stahl	■ 5000
Aluminium	■ 5100
Glas	■ 5200

Abb. 18: Schallgeschwindigkeiten in verschiedenen Stoffen

Übertragen wird der Schall in Bauwerken auf folgende Art: Als *Luftschall*, als *Körperschall* oder als *Trittschall*.

Luftschall

Darunter wird der sich in *Luft* ausbreitende Schall verstanden. Trifft er auf Gegenstände, kann er ganz oder teilweise reflektiert, absorbiert („geschluckt“, d. h. in Wärmeenergie umgewandelt) oder weitergeleitet werden.

Körperschall

Hierunter versteht man den in *festen Körpern* sich ausbreitenden Schall. Er versetzt die Körper, z. B. Fußböden und Wände oder auch Einrichtungsgegenstände, in Schwingungen. Diese Schwingungen sind z. T. fühlbar. Verursacht wird Körperschall z. B. durch Klopfen, Hämmern, Bohren und Türenschlagen, aber auch durch Luftschall, der auf Körper trifft.

Trittschall

Er entsteht durch Begehen von Fußböden und Treppen oder auch durch Möberrücken und wird als Körperschall in Fußböden und Wänden weitergeleitet und in benachbarten Räumen in verminderter Form in die Raumluft als Luftschall abgestrahlt.

Wie Abb. 19 verdeutlicht⁷⁰, kann Schall in Bauwerken sowohl auf kürzestem Weg (Hauptweg, direkte Schallausbreitung)

⁶⁷ BINE Informationsdienst (Hrsg.): Projekt Info-Service Nr. 9/Juli 1991 – Einfamilienhäuser und passive Energiesparmaßnahmen, Seite 4; vgl. auch die BINE-Projekt Info-Service Nr. 7/August 1990, Nr. 9/August 1989, Nr. 11/September 1989, Nr. 17/Okttober 1992 und Nr. 9/August 1993

⁶⁸ VDI Nachrichten Nr. 9 vom 8.3.1995, Seite 25

⁶⁹ Rheinisch Westfälische Elektrizitätswerke AG (Hrsg.): RWE Bau-Handbuch Technischer Ausbau, Ausgabe 1981/82. Essen o. J., Seite 49

⁷⁰ Rheinisch Westfälische Elektrizitätswerke AG, a. a. O., Seite 53

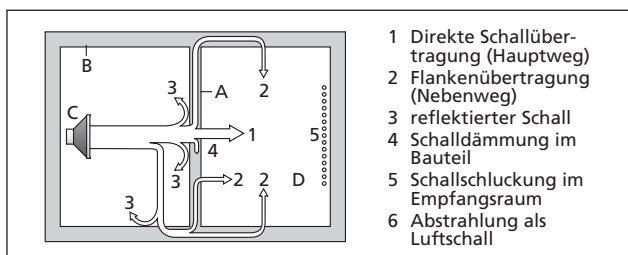


Abb. 19: Schallausbreitung auf Haupt- und Nebenwegen

als auch auf Umwegen (Nebenwege, indirekte Schallausbreitung) weitergeleitet werden.

Maßnahmen zur Schalldämmung

Bei der Schalldämmung wird der am Einwirkort des Schalls vorhandene Schallpegel dadurch vermindert, dass man die *Ausbreitung des Schalls* auf seinem Weg von der Schallquelle zum Einwirkort durch die Verwendung geeigneter Schalldämmender Baustoffe sowie durch deren schwingungsdämpfende Anbringung⁷¹ *hemmt*, ihm also Energie entzieht. Dies kann z.B. geschehen

- durch die Verwendung poröser Materialien mit rauer und offenporiger Oberfläche, an deren äußeren und inneren Struktur sich der Schall aufgrund von Reflexion und Reibung der hin- und herschwingenden Luftteilchen, deren Bewegungsenergie sich z.T. in Wärmeenergie umwandelt, ggf. gewissermaßen „totlaufen“ kann oder der mehr oder weniger vollständig absorbiert wird (vgl. z.B. die Auskleidung von Tonstudios und Lautsprecherboxen, abgehängte Lochdecken mit dahinter angebrachtem Schalldämmmaterial in Büroräumen und faltenreiche Vorhänge in Wohnräumen und Konzertsälen),
- durch die Verwendung elastisch angebrachter Leichtbauwände mit dazwischen angeordneten Schalldämmmaterialien, wie sie z.B. in ausgebauten Dachgeschossen und in Fertighäusern anzutreffen sind – hierbei verursacht der Schall eine Schwingung der Leichtbauwände, wodurch ein Teil der Schallenergie „vernichtet“ wird, wobei die Schalldämmstoffe wegen ihres Aufbaus und ihrer Elastizität noch zu einer weiteren Reduzierung der Schallenergie beitragen –, und
- durch die Verwendung massiver Baustoffe, z.B. durch Wände und Decken aus Beton und Vollziegeln. Da für das Erzeugen von Schwingungen dieser massereichen Baustoffe viel (Schall-)Energie benötigt wird, eignen sie sich besonders gut zur „Vernichtung“ von Schall.

Schallschutz durch Schall schluckende Verkleidungen und Ausstattungen ⁷²	
Schall schluckende Wirkung	Verkleidungen, Ausstattungen
geringes Schallschluckvermögen	Betonoberflächen, gefugtes glattes Mauerwerk normaler Innenputz, gestrichen oder tapeziert Kunststoffputz, Rauputz Holztüren, Fensterglas Fliesen, Marmor, Betonwerkstein Linoleum, PVC-Bodenbeläge, Parkett
in allen Bereichen, insbesondere bei mittleren und hohen Frequenzen	Faserdämmstoffe hinter durchlässigen Abdeckungen Bretterverkleidungen, Holzkassetten gelochte Gipskassetten und Gipskartonplatten abgehängte Akustikdecken schwere Mineralfaserplatten mit Luftabstand leichte Holzspan-Akustikplatten offenporige Baustoffe, z. B. unverputzter Bimsbeton Polstermöbel (je dicker und zahlreicher desto besser)
speziell für tiefe Frequenzen	Schwingungssysteme aus biegeweichen Platten mit Luftpolster, ggf. mit Dämmstoffeinlagen Sperrholzplatten und dünne Spanplatten Gipskartonplatten, Kunststofftafeln abgehängte Akustik-Wabendecken
speziell für hohe Frequenzen	fein gegliederte offenporige Oberflächen Holzwolle-Leichtbauplatten mit Feinspänen gelochte Kunststofftapete aus Fasermatte offenporige Schaumkunststoffe, Holzfaserplatten Mineralwolleplatten auf massivem Untergrund frei hängender schwerer Vorhang, dreifach gerüsch Velourteppich mit 8–10 mm Florhöhe

⁷¹ Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass es aufgrund unterschiedlicher physikalischer Wirkmechanismen leider nicht so ist, dass gute Wärmedämmmaßnahmen gleichzeitig auch gute Schalldämmmaßnahmen sind, wie dies häufig angenommen wird.

⁷² Rheinisch Westfälische Elektrizitätswerke AG, a.a.O., Seite 63

1. Ausgabe

2015 14 13 12 11

Alle Ausgaben mit derselben Nummerierung sind unverändert und können im Unterricht nebeneinander verwendet werden. Die letzte Zahl bezeichnet das Jahr dieser Ausgabe.

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2011. Alle Rechte vorbehalten. www.klett.de

Autoren der Themenhefte und Lehrerinformationen Umwelt Technik: Horst Babendererde, Magdeburg; Heinrich Brandt, Dortmund; Bernd Höchel, Matgendorf; Hartmut Kreienbrink, Isseroda; Uwe Lenz, Dinslaken; Heinz Schlüter, Rendsburg

Autoren der Schülerbände und Lehrerbände Umwelt Technik: Werner Bleher, Jochen Happel, Melanie Heffner, Klaus Helling, Gerhard Hessel, Harald Hölz, Heinrich Kaufmann, Alfred Köger, Peter Kornaker, Walter Kosack, Stefan Kruse, Sascha Renner, Rainer Schönherr, Wolfgang Zeiller

Redaktion: Sabine Hollank, Alexandra Reichle

Herstellung: Elke Kurz, Kernen i. R.

Gestaltung: Conrad Höllerer, Stuttgart

Grafiken: Jörg Mair, München

Lehrerinformationen zum Themenheft Umwelt Technik, Bautechnik (ISBN 978-3-12-757754-9)

A15520-75775401