



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

# Fachkunde Ingenieurwissenschaften und Ingenieurtechnik

Silvia Ferdinand • Martin Kaulich • Matthias Krieg • Volker Kuhn  
Joachim Schmidt • Georg F. Terbeck • Falko Wieneke

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

**Europa-Nr.: 13848**

**Autoren:**

Silvia Ferdinand,     Oberstudienrätin  
Martin Kaulich,     Dipl.-Ing.  
Volker Kuhn,         Dipl.-Ing.  
Matthias Krieg,     Dipl.-Ing.  
Joachim Schmidt,    Dipl.-Ing.  
Georg F. Terbeck,   Dipl.-Ing.  
Falko Wieneke,     Dipl.-Ing.

Alle Autoren sind Fachlehrerinnen und Fachlehrer der technischen Ausbildung.

**Lektorat:** Falko Wieneke

**Bildbearbeitung:** Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

**Fotos:** Leihgaben der Firmen (Verzeichnis letzte Seiten)

**Bildentwürfe:** die Autoren

1. Auflage 2026

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-1384-8

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an [produktsicherheit@europa-lehrmittel.de](mailto:produktsicherheit@europa-lehrmittel.de).

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

© 2026 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Layout und Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Umschlagfotos: Sauter Feinmechanik GmbH, D-72555 Metzingen; © natatravel 2020 –; © Chlorophylle –;

© panu101 –; © Erich KI-generiert – stock.adobe.com

Druck: PASSAVIA Druckservice GmbH & Co. KG, 94036 Passau

## // Zielgruppen des Fachkundebuches

Das vorliegende Buch wendet sich bevorzugt an folgende Zielgruppen:

- Lernende des **beruflichen Gymnasiums** mit dem Schwerpunkt Ingenieurwissenschaften
- Lernende der **Höheren Berufsfachschule** mit dem Schwerpunkt Ingenieurtechnik
- Lernende der **Berufsfachschule** mit dem Schwerpunkt Ingenieurtechnik
- Studierende der **technischen Fachschule** mit ingenieurwissenschaftlichen Grundlagenfächern
- Studierende im **ingenieurwissenschaftlichen bzw. ingenieurtechnischen Studium**

## // Inhalt

Das Fachkundebuch Ingenieurwissenschaften gliedert sich in drei Hauptkapitel mit den Bereichen:

- Bautechnik
- Maschinenbautechnik
- Elektrotechnik

Es verknüpft die drei Bereiche durch eine Projektaufgabe im vierten Hauptkapitel des Buches.

Jedes Kapitel enthält zahlreiche Vertiefungsaufgaben. Am Ende eines Hauptkapitels befindet sich eine kapitelübergreifende Lernsituation mit entsprechenden Aufgabenstellungen.

Das Buch enthält zahlreiche Fotos und Abbildungen technischer Inhalte, die das Verstehen erleichtern und die lehrplangemäßen Kompetenzen fördern.

Das vorliegende Buch deckt die Bildungspläne der ingenieurwissenschaftlichen Zweige von **beruflichen Gymnasien, Höheren Berufsfachschulen** und **Berufsfachschulen** ab.

Für Lernende der **Berufsfachschule** können grundlegende Inhalte des vorliegenden Fachkundebuches für den Unterricht ausgewählt und eingeübt werden.

Für Studierende der Fachschulen und Hochschulen sowie der technischen Universitäten können mit diesem Buch praxisbezogene und bereichsübergreifende Inhalte der Ingenieurwissenschaften zum besseren Verständnis der technischen Inhalte für das Studium genutzt werden.

Wir wünschen den Nutzern dieses Buches viel Erfolg und sind für Kritik, Verbesserungsvorschläge, Hinweise und Anregungen an [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) dankbar.

Die Autoren

Sommer 2026

## 1

### Bautechnik

<b>1.1</b>	<b>Holzbau</b> .....	8	1.4.5	Bauvertragsrecht .....	202
1.1.1	Merkmale der Holzbauweise ...	10	1.4.6	Erstellen eines Leistungsverzeichnisses im Mauerwerksbau .....	207
1.1.2	Europäische Laub- und Nadelhölzer .....	13	1.4.7	Massenermittlung von Mauerarbeiten mit Personaleinsatz .....	210
1.1.3	Kohlenstoffkreislauf .....	15	<b>1.5</b>	<b>Bauphysik</b> .....	218
1.1.4	Stamm und Schnittware .....	17	1.5.1	Bedeutung des Wärme- und Feuchteschutzes .....	220
1.1.5	Holzfeuchtigkeit .....	18	1.5.2	Gesetzliche Vorgaben .....	229
1.1.6	Holzkonstruktionen .....	27	1.5.3	Wärmetransport .....	231
1.1.7	Holzverbindungen .....	30	1.5.4	Feuchtetransport .....	234
1.1.8	Holzliste .....	35	1.5.5	Außenwände .....	240
1.1.9	Schäden an Holzbauwerken ...	40	1.5.6	Bauphysikalische Größen und Berechnungen im Wärmeschutz .....	246
<b>1.2</b>	<b>Statik und Festigkeitslehre im Bauwesen</b> .....	42	1.5.7	Bauphysikalische Größen und Berechnungen im Feuchteschutz .....	253
1.2.1	Dichte – Masse – Kraft .....	44	<b>1.6</b>	<b>Bauplanung</b> .....	270
1.2.2	Kräfte am zentralen Kräftesystem (ZKS) .....	47	1.6.1	Arten der Bauplanung .....	271
1.2.3	Dezentrales Kräftesystem .....	55	1.6.2	Grundlagen der Bauplanung ...	271
1.2.4	Lastarten in der Bautechnik ...	62	1.6.3	Phasen der Bauplanung mit Baudurchführung .....	280
1.2.5	Nachweisführung im Holzbau am Beispiel der Lernsituation Tiny House .....	69	1.6.4	Baugenehmigungsverfahren ...	281
1.2.6	Statische Bestimmtheit .....	84	1.6.5	Planungsmaßstäbe .....	282
1.2.7	Normalspannungsnachweis ...	88	1.6.6	Baukostenplanung .....	283
<b>1.3</b>	<b>Beton- und Stahlbetonbau</b> ...	90	1.6.7	Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung von Bauleistungen (AVA) .....	283
1.3.1	Werkstoff Beton .....	92	<b>1.7</b>	<b>Technische Kommunikation in der Bautechnik</b> .....	288
1.3.2	Frischbeton und Festbeton .....	109	<b>1.8</b>	<b>Überprüfen Sie Ihre Kompetenz</b> .....	304
1.3.3	Stoffraumberechnung .....	118	1.8.1	Aufgaben .....	309
1.3.4	Stahlbetonbau .....	143			
1.3.5	Fundamente .....	164			
1.3.6	Bauschäden an Stahlbetonbauteilen .....	170			
<b>1.4</b>	<b>Mauerwerksbau</b> .....	180			
1.4.1	Mauerwerksbau in Deutschland	181			
1.4.2	Mauerwerksmaterialien .....	185			
1.4.3	Mauerwerkskonstruktionen ...	190			
1.4.4	Arbeitsabläufe und Auswahl von Mauerwerksprodukten .....	198			

**2**

**Maschinenbautechnik**

<b>2.1</b>	<b>Fertigungsverfahren und Arbeitssicherheit</b> .....	316	2.7.2	Schraubenverbindungen .....	409
2.1.1	Fertigungsverfahren nach DIN 8580 .....	316	2.7.3	Stift- und Bolzenverbindungen ..	417
2.1.2	Arbeitssicherheit .....	319	2.7.4	Welle-Nabe-Verbindungen .....	418
<b>2.2</b>	<b>Sägen, Bohren, Reiben</b> .....	320	<b>2.8</b>	<b>Statik und Festigkeitslehre im Maschinenbau</b> .....	422
2.2.1	Flächen und Winkel am Schneidkeil .....	321	2.8.1	Statik .....	422
2.2.2	Sägen .....	322	2.8.2	Festigkeitslehre .....	429
2.2.3	Bohrverfahren .....	326	2.8.3	Balken mit Einzellast .....	435
2.2.4	Bohrmaschinen .....	337	2.8.4	Balken mit Streckenlast .....	437
<b>2.3</b>	<b>Werkstoffe und Schneidstoffe</b> ..	342	<b>2.9</b>	<b>Antriebstechnik</b> .....	440
2.3.1	Eigenschaften der Werkstoffe ..	343	2.9.1	Getriebe .....	440
2.3.2	Einteilung der Werkstoffe .....	353	2.9.2	Dimensionierung einer Getriebewelle .....	444
2.3.3	Bezeichnung von Stählen .....	354	2.9.3	Gleit- und Wälzlager .....	451
2.3.4	Wärmebehandlung von Stählen ..	359	2.9.4	Dimensionierung von Wälzlagern ..	455
2.3.5	Schneidstoffe .....	364	<b>2.10</b>	<b>Prüftechnik</b> .....	458
<b>2.4</b>	<b>Biegeumformen (Biegen)</b> .....	366	2.10.1	Grundbegriffe .....	458
2.4.1	Verfahren zum Umformen .....	367	2.10.2	Prüfmittel .....	458
2.4.2	Auslegung des Biegeumformens ..	368	2.10.3	Maßtoleranzen .....	463
<b>2.5</b>	<b>Drehen</b> .....	374	2.10.4	Oberflächenprüfung .....	466
2.5.1	Drehen des Gewindebolzens ..	375	<b>2.11</b>	<b>Instandhaltung und Montage</b> ..	468
2.5.2	Drehmeißel .....	378	2.11.1	Teilbereiche der Instandhaltung ..	469
2.5.3	Konventionelles Drehen .....	380	2.11.2	Reibung und Schmierstoffe .....	477
2.5.4	CNC-Drehen .....	388	2.11.3	Montage und Demontage von Erzeugnissen .....	480
2.5.5	Schnittkraft und Leistung .....	392	<b>2.12</b>	<b>Technische Kommunikation in der Maschinenbautechnik</b> ..	484
2.5.6	Unfallverhütung beim Drehen ..	395	2.12.1	Zeichnungen und Stücklisten ..	484
<b>2.6</b>	<b>Fräsen</b> .....	396	2.12.2	Darstellungsregeln .....	486
2.6.1	Einteilung der Fräsverfahren .....	397	2.12.3	Toleranzen und Oberflächen .....	493
2.6.2	Fräswerkzeuge .....	399	2.12.4	Fügen von Bauteilen .....	495
2.6.3	Konventionelle Fräsmaschinen ..	404	<b>2.13</b>	<b>Überprüfen Sie Ihre Kompetenzen</b> .....	500
<b>2.7</b>	<b>Verbindungsarten</b> .....	408			
2.7.1	Wirkprinzipien .....	408			

**3**

**Elektrotechnik**

<b>3.1</b>	<b>Grundlagen der Elektrotechnik</b> .....	506	3.1.3	Elektrischer Strom .....	511
3.1.1	Atomaufbau .....	507	3.1.4	Elektrischer Widerstand .....	515
3.1.2	Elektrische Spannung .....	509	3.1.5	Elektrische Energie .....	518
			3.1.6	Elektrische Leistung .....	521

<b>3.2</b>	<b>Grundschaltungen der Elektrotechnik</b> .....	526	3.5.2	Verbraucher Sternschaltung	....	587
3.2.1	Reihenschaltung	527	3.5.3	Verbraucher Dreiecksschaltung	.	592
3.2.2	Parallelschaltung	530	<b>3.6</b>	<b>Komplexe Rechnung</b>	.....	598
3.2.3	Gemischte Schaltungen	532	3.6.1	Komplexe Zahlen	.....	599
3.2.4	Spannungsteiler	533	3.6.2	Anwendung der komplexen Rechnung in der Elektrotechnik		604
3.2.5	Brückenschaltung	535	<b>3.7</b>	<b>Antriebstechnik</b>	.....	610
3.2.6	Spannungsquellen	536	3.7.1	Motorprinzip	.....	611
3.2.7	Gefahren des elektrischen Stromes	539	3.7.2	Leistung und Wirkungsgrad	....	612
<b>3.3</b>	<b>Elektrisches und magnetisches Feld</b>	546	3.7.3	Drehmoment	.....	614
3.3.1	Elektrisches Feld	547	3.7.4	Anlassverfahren	.....	617
3.3.2	Magnetisches Feld	553	3.7.5	Blindleistungskompensation	...	621
<b>3.4</b>	<b>Wechselspannung</b>	560	3.7.6	Motorschutz	.....	624
3.4.1	Wechselspannungserzeugung	561	<b>3.8</b>	<b>Schaltungstechnik</b>	.....	628
3.4.2	Wirkwiderstand, Kondensator und Spule im Wechselstromkreis	565	3.8.1	Bedien- und Anzeigeelemente	..	629
3.4.3	Kompensation	571	3.8.2	Elektromagnetische Schalter	...	632
3.4.4	Leitungsschutz	573	3.8.3	Grundschaltungen der Steuerungstechnik	.....	635
<b>3.5</b>	<b>Drehstromtechnik</b>	582	<b>3.9</b>	<b>Installationstechnik</b>	.....	646
3.5.1	Drehstromerzeugung	583	3.9.1	Schaltungsunterlagen	.....	647
			3.9.2	Installationsschaltungen	.....	649
			<b>3.10</b>	<b>Überprüfen Sie Ihre Kompetenz</b>	.....	654

## 4

### Projektaufgabe

<b>Aufgaben zur Bautechnik</b>	.....	663
<b>Aufgaben zur Maschinenbautechnik</b>	.....	664
<b>Aufgaben zur Elektrotechnik</b>	.....	665
<b>Sachwortverzeichnis</b>	.....	667
<b>Bildquellenverzeichnis</b>	.....	678



# 1

# Bautechnik

## // Kapitelübersicht

<b>1.1</b>	<b>Holzbau</b> . . . . .	8	1.4.5	Bauvertragsrecht . . . . .	202
1.1.1	Merkmale der Holzbauweise . . . . .	10	1.4.6	Erstellen eines Leistungsverzeichnisses im Mauerwerksbau . . . . .	207
1.1.2	Europäische Laub- und Nadelhölzer . . . . .	13	1.4.7	Massenermittlung von Mauerarbeiten mit Personaleinsatz . . . . .	210
1.1.3	Kohlenstoffkreislauf . . . . .	15	<b>1.5</b>	<b>Bauphysik</b> . . . . .	218
1.1.4	Stamm und Schnittware . . . . .	17	1.5.1	Bedeutung des Wärme- und Feuchteschutzes . . . . .	220
1.1.5	Holzfeuchtigkeit . . . . .	18	1.5.2	Gesetzliche Vorgaben . . . . .	229
1.1.6	Holzkonstruktionen . . . . .	27	1.5.3	Wärmetransport . . . . .	231
1.1.7	Holzverbindungen . . . . .	30	1.5.4	Feuchtetransport . . . . .	234
1.1.8	Holzliste . . . . .	35	1.5.5	Außenwände . . . . .	240
1.1.9	Schäden an Holzbauwerken . . . . .	40	1.5.6	Bauphysikalische Größen und Berechnungen im Wärmeschutz . . . . .	246
<b>1.2</b>	<b>Statik und Festigkeitslehre im Bauwesen</b> . . . . .	42	1.5.7	Bauphysikalische Größen und Berechnungen im Feuchteschutz . . . . .	253
1.2.1	Dichte – Masse – Kraft . . . . .	44	<b>1.6</b>	<b>Bauplanung</b> . . . . .	270
1.2.2	Kräfte am zentralen Kräftesystem (ZKS) . . . . .	47	1.6.1	Arten der Bauplanung . . . . .	271
1.2.3	Dezentrales Kräftesystem . . . . .	55	1.6.2	Grundlagen der Bauplanung . . . . .	271
1.2.4	Lastarten in der Bautechnik . . . . .	62	1.6.3	Phasen der Bauplanung mit Baudurchführung . . . . .	280
1.2.5	Nachweisführung im Holzbau am Beispiel der Lernsituation Tiny House . . . . .	69	1.6.4	Baugenehmigungsverfahren . . . . .	281
1.2.6	Statische Bestimmtheit . . . . .	84	1.6.5	Planungsmaßstäbe . . . . .	282
1.2.7	Normalspannungsnachweis . . . . .	88	1.6.6	Baukostenplanung . . . . .	283
<b>1.3</b>	<b>Beton- und Stahlbetonbau</b> . . . . .	90	1.6.7	Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung von Bauleistungen (AVA) . . . . .	283
1.3.1	Werkstoff Beton . . . . .	92	<b>1.7</b>	<b>Technische Kommunikation in der Bautechnik</b> . . . . .	288
1.3.2	Frischbeton und Festbeton . . . . .	109	<b>1.8</b>	<b>Überprüfen Sie Ihre Kompetenz</b> . . . . .	304
1.3.3	Stoffraumberechnung . . . . .	118	1.8.1	Aufgaben . . . . .	309
1.3.4	Stahlbetonbau . . . . .	143			
1.3.5	Fundamente . . . . .	164			
1.3.6	Bauschäden an Stahlbetonbauteilen . . . . .	170			
<b>1.4</b>	<b>Mauerwerksbau</b> . . . . .	180			
1.4.1	Mauerwerksbau in Deutschland . . . . .	181			
1.4.2	Mauerwerksmaterialien . . . . .	185			
1.4.3	Mauerwerkskonstruktionen . . . . .	190			
1.4.4	Arbeitsabläufe und Auswahl von Mauerwerksprodukten . . . . .	198			

# 1.1

## Holzbau

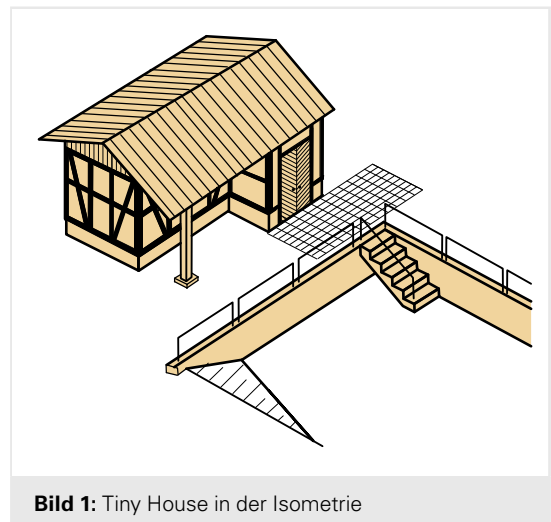
Eine der ältesten Bauweisen der Menschheit ist auch heute noch hochaktuell. Nachhaltigkeit, Festigkeit, Verarbeitbarkeit und Ästhetik machen Holz zu einem attraktiven Baustoff. Im Laufe der Jahrhunderte entwickelten sich verschiedene Techniken und Konstruktionsweisen, die bis heute Anwendung finden.

### Lernsituation **Planung und Bau eines Tiny House**

Geplant wird der Bau eines Tiny House in Oberhausen (**Bild 1 und Bild 1, Seite 9**).

Sie haben ein duales Studium aufgenommen und arbeiten im Ingenieurbüro Meier (GbR). Im Rahmen Ihrer Tätigkeit erhalten Sie den Auftrag, die Konzeption und Entwicklung eines Tiny House durchzuführen. Ihre Aufgabe ist die übergreifende Konzeptionierung des Tiny House in den Teilbereichen Bautechnik, Elektrotechnik und Maschinenbau.

Sie haben die Aufgabe, für das zu erstellende Gebäude die Materialien, Konstruktionselemente und Detailpunkte für alle drei Teilgebiete übergreifend und ineinandergreifend festzulegen.



**Bild 1:** Tiny House in der Isometrie

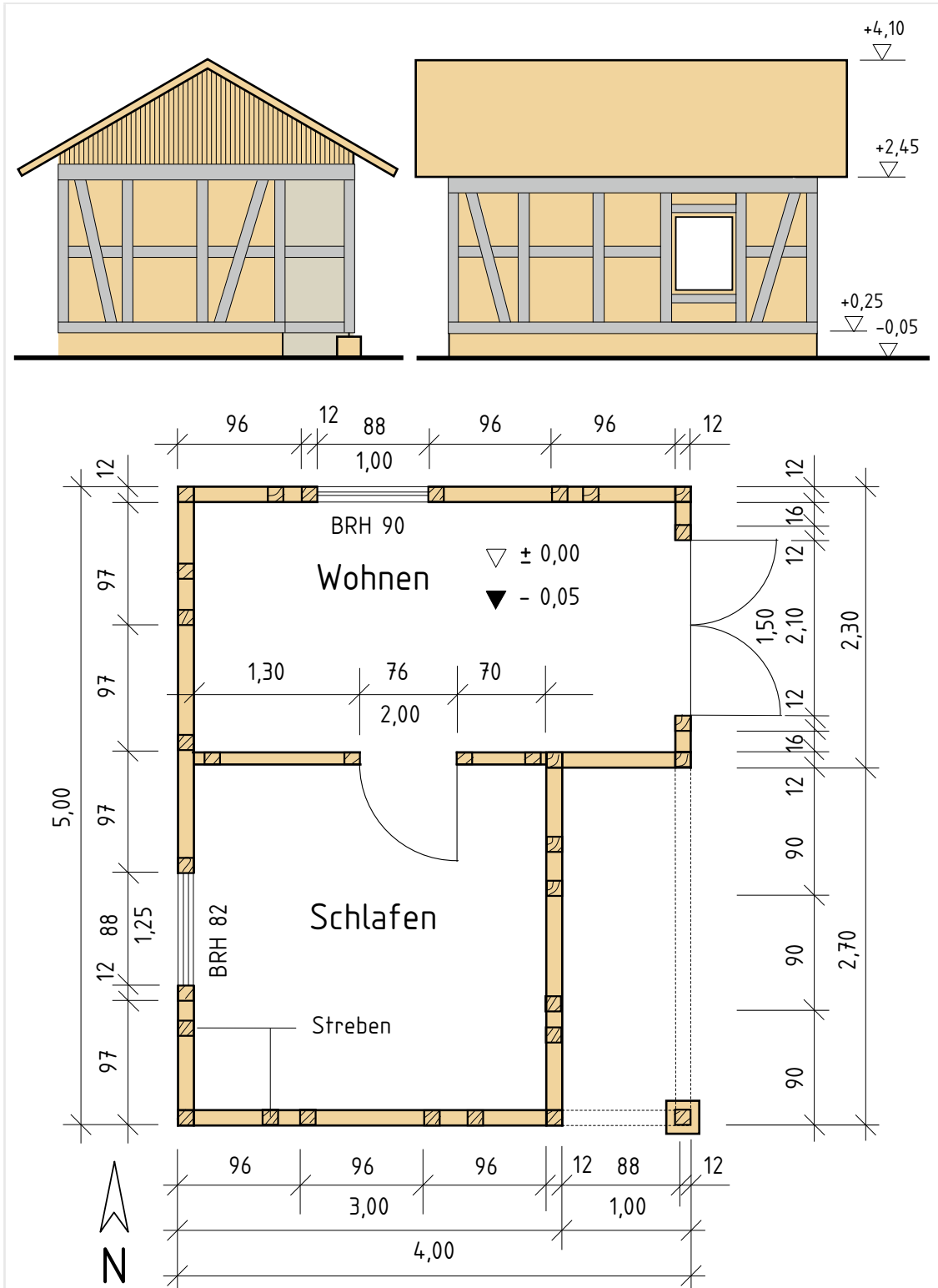


Bild 1: Ansichten und Grundriss des Tiny House

## 1.1.1 Merkmale der Holzbauweise

### // Vorteile der Holzbauweise

Es gibt viele Gründe, warum Holz als Baustoff eine gute Wahl ist:

#### Nachhaltigkeit

Holz ist ein erneuerbarer Rohstoff und der nachhaltigste Baustoff, der zur Verfügung steht. Bäume wachsen bei einer nachhaltigen Forstwirtschaft kontinuierlich nach, was bedeutet, dass es immer eine ausreichende Menge an Holz gibt, um die Nachfrage zu decken (**Bild 1**).

#### Ökologische Vorteile

Holz ist ein nahezu CO<sub>2</sub>-neutrales Material, da es während des Wachstums CO<sub>2</sub> aus der Luft auf-

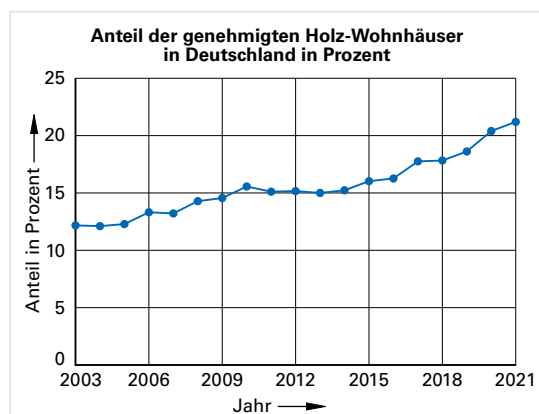
nimmt und speichert. Holzbaustoffe besitzen eine viel geringere Umweltbelastung als andere Baustoffe wie Beton oder Stahl, da es weniger Energie benötigt, um hergestellt und transportiert zu werden.

#### Natürliche Schönheit

Holz hat eine warme und natürliche Schönheit, die sich in jedem Raum wohlfühlt. Es gibt eine Vielzahl von Holzarten und -oberflächen, um den gewünschten Look und das gewünschte Gefühl zu erzielen (**Bilder 2 und 3**).

#### Gute Dämmeigenschaften

Holz hat eine hervorragende Dämmung und kann dazu beitragen, die Energieeffizienz eines Gebäudes zu verbessern, indem es den Wärmeverlust reduziert.



**Bild 1:** Anteil der Wohngebäude in Holzbauweise (Quelle: Statistisches Bundesamt)



**Bild 2:** Anschluss Sparren-Pfette



**Bild 3:** Zimmermannsmäßige Holzbauweise

### Vielseitigkeit

Holz kann für eine Vielzahl von Bauanwendungen verwendet werden, von der Rahmenkonstruktion bis zu Innenwänden, Böden und Dächern. Es kann auch in Kombination mit anderen Baustoffen wie Beton oder Stahl verwendet werden, um das Beste aus beiden Welten zu vereinen. Selbst Achterbahnen sind in Holzbauweise möglich (**Bild 1**).

### Geringe Masse

Holz ist im Vergleich zu anderen Baustoffen leicht und kann daher einfacher und schneller transportiert und installiert werden. Dies kann zu einer schnelleren Bauzeit und niedrigeren Arbeitskosten führen. Holz besitzt eine poröse Struktur und damit gute Wärmedämmeigenschaften.

### Gesundheitsvorteile

Holz ist ein natürliches Material, das unbehandelt keine toxischen Dämpfe abgibt. Es kann auch dazu beitragen, die Luftqualität im Inneren eines Gebäudes zu verbessern, indem es Feuchtigkeit in feuchten Räumen absorbiert und bei geringer relativer Feuchtigkeit wieder freisetzt. Holz wirkt somit feuchteregulierend auf das Raumklima.

**Tabelle 1** gibt die in der Holzbauweise in Deutschland eingesetzten Holzarten wieder. Die Anteile können je nach Region und Anwendung variieren. Diese Tabelle gibt jedoch eine allgemeine Vorstellung davon, welche Holzarten am häufigsten im Bauwesen eingesetzt werden.



**Bild 1:** Holzachterbahn (Moviepark Bottrop)

**Tabelle 1:** Bau-Holzarten in Deutschland

Bauholzart	Anteil am Bauholz in Deutschland	Anteil in der Forstwirtschaft Deutschlands	Wachstumsgeschwindigkeit	Beständigkeit gegen Holzschädlinge	Beständigkeit gegen Holzfeuchte
Fichte	30 %	39 %	schnell	gering	gering
Kiefer	23 %	30 %	schnell	gering	gering
Buche	16 %	13 %	mittel	gut	mittel
Eiche	12 %	7 %	langsam	sehr gut	hoch
Tanne	6 %	6 %	mittel	gering	gering
Douglasie	5 %	2 %	schnell	gut	hoch
Lärche	5 %	3 %	mittel	gut	hoch

**Hinweis:** Die Angaben für den Anteil am Bauholz und der Forstwirtschaft stammen aus dem Jahr 2020 und wurden vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht. Die Wachstumsgeschwindigkeit wurde für jede Holzart allgemein kategorisiert und kann je nach Standort und klimatischen Bedingungen variieren.

## // Nachteile der Holzbauweise

Trotz seiner vielen Vorteile hat die Holzbauweise auch einige Nachteile in seiner Verwendung:

### Brandschutz

Holz ist brennbar und bei einem Brand kann es schnell zu einem vollständigen Abriss des Gebäudes kommen. Es umgibt sich jedoch im Brandfalle mit einer natürlichen Verkohlungs-Schutzschicht (Hitze des Feuers wird vom Holz ferngehalten). Diese Mechanismen werden in der modernen Brand-schutzchemie adaptiert und erfolgreich angewandt (**Bild 1**).

### Verwitterung, Schädlinge und Pilze

Holz ist anfällig für Verwitterung (**Bild 2**), Schädlinge und Pilze (**Bild 3**), die das Material zerstören. Ein

besonders aggressiver Vertreter der holzerstörenden Pilze ist der echte Hausschwamm. Auch hier gibt es Möglichkeiten der Vorbeugung und Behandlung.

### Feuchtigkeit

Holz ist hygroskopisch. Es passt sich der Feuchtigkeit der umgebenden Luft an. Holz kann dadurch schwinden und quellen. Durch konstruktive Holzschutzmaßnahmen kann dieses Problem vermieden werden (**Bild 4**).

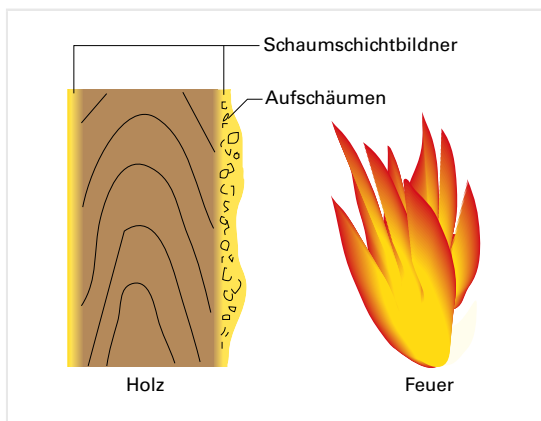


### Verarbeitbarkeit

Holz lässt sich leicht verarbeiten und bearbeiten.

### Ästhetik

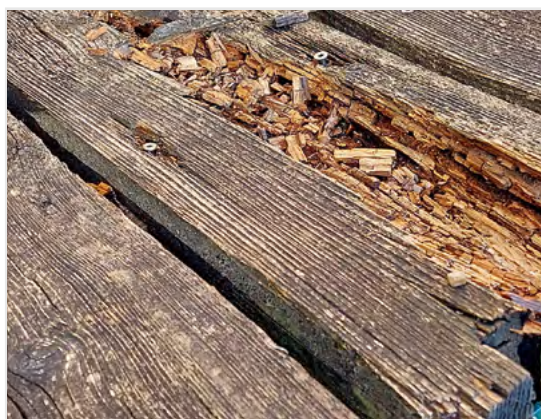
Maserung und Farbe des Holzes verleihen Bauwerken eine warme und positive Optik.



**Bild 1:** Brandverhalten eines Holzbauteiles



**Bild 2:** Witterungsbedingte Verfärbung



**Bild 3:** Durch Moderfäule zerstörtes Holz



**Bild 4:** Holzverformungen durch Feuchteinfluss

## Schallschutz

Ein guter Schallschutz benötigt Masse. Holz ist jedoch ein leichtes Material und kann Schall relativ schlecht dämmen (**Bild 1**).

## Limitationen bei Größe und Höhe

Bei größeren und höheren Gebäuden ist der Einsatz von Holz aufgrund seiner genannten Eigenschaften begrenzt. Ebenso bei großen Spannweiten von Brücken kommt man schnell an die bautechnischen Grenzen (**Bild 2**).

## 1.1.2 Europäische Laub- und Nadelhölzer

### // Technische Eigenschaften

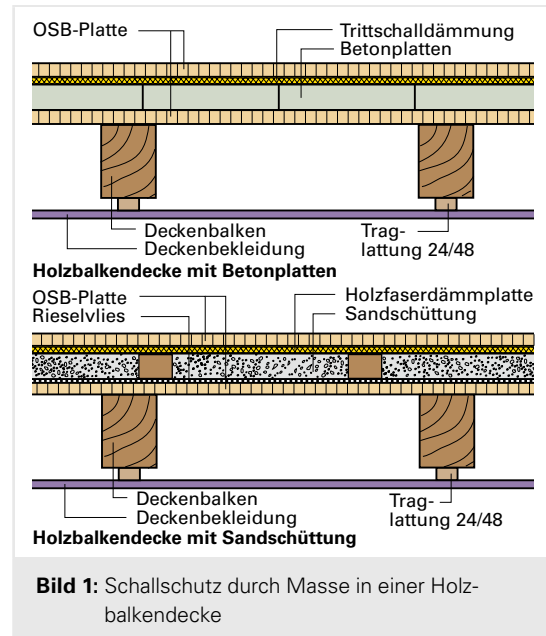
Ein wichtiger Faktor bei der Wahl von Holz ist dessen Härte. Härtere Holzarten wie Eiche oder Buche eignen sich zum Beispiel besser für den Bau von Möbeln oder Fußböden, da sie widerstandsfähiger gegen Abnutzung sind. Weichere Hölzer wie Kiefer oder Fichte sind dagegen eher für den Bau von Rahmen oder Schalungen und als Bauholz geeignet.

**Tabelle 1, Seite 11**, zeigt den Einsatz der üblichen Bauhölzer in Deutschland. Obwohl Fichte und Kiefer relativ weich und gegen Schädlinge und Feuchte anfällig sind (**Tabelle 1, nächste Seite**), werden sie wegen ihres schnellen Wachstums sowie des geringen Preises als Bauholz bevorzugt. Die geringe Festigkeit bringt auch Vorteile bei der stationären Bearbeitung auf den Baustellen.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Dichte des Holzes. Dichte Holzarten wie Eiche oder Buche haben eine höhere Festigkeit und sind daher für den Bau von tragenden Elementen wie Balken oder Pfosten geeignet. Weniger dichte Hölzer wie Kiefer oder Fichte sind dagegen besser für den Bau von Wand- und Deckenverkleidungen geeignet.

Auch die Farbe des Holzes spielt eine Rolle. Zum Beispiel wird Eiche aufgrund ihrer warmen Farbe oft für den Bau von Möbeln oder Fußböden verwendet. Helle Holzarten wie Ahorn oder Birke eignen sich dagegen gut für den Bau von Innentüren oder Fensterrahmen.

Es gibt noch viele weitere technische Eigenschaften von Holz, die bei der Wahl der richtigen Holzart berücksichtigt werden sollten. Dazu zählen zum Beispiel die Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit oder Pilzbefall, die Elastizität oder die Brennbarkeit.



Die **Tabellen 1 und 2** auf der nächsten Seite zeigen die europäischen Holzarten im Überblick. Je höher die Dichte des Holzes, desto größer ist in der Regel auch seine Festigkeit. Leichte Hölzer sind weicher, schwere Hölzer härter und tragfähiger. Die Verwendung gibt einige Beispiele für typische Einsatzbereiche dieser Holzarten, kann jedoch je nach Projekt variieren. Die angegebenen Preise sind nur als ungefähre Angaben zu verstehen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es in Europa viele verschiedene Laub- und Nadelhölzer gibt, die ihre eigenen technischen Eigenschaften haben. Bei der Wahl der richtigen Holzart für ein bestimmtes Projekt sollten diese Eigenschaften berücksichtigt werden, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.

**Tabelle 1: Eigenschaften von einheimischen Nadelhölzern**

Nadelholzart	Verbreitung in Deutschland	Wuchshöhe	Baumart	Dichte (kg/m <sup>3</sup> )	Festigkeit (N/mm <sup>2</sup> )	Verwendung	Preis pro m <sup>3</sup> (ca.)
Fichte	überall	30–40 m	Splintholzbaum	450–550	9–11	Bauholz, Möbel, Papier	70–100 €
Kiefer	überall	25–40 m	Splintholzbaum	400–550	9–12	Bauholz, Möbel, Papier	80–110 €
Tanne	häufig	20–40 m	Kernholzbaum	450–550	8–10	Bauholz, Fenster, Möbel	90–120 €
Lärche	häufig	30–40 m	Kernholzbaum	550–650	14–16	Bauholz, Fassaden, Terrassen	150–200 €
Douglasie	selten	50–70 m	Kernholzbaum	500–600	13–16	Bauholz, Zäune, Gartenmöbel	120–160 €

**Tabelle 2: Eigenschaften von einheimischen Laubhölzern**

Laubholzart	Verbreitung in Deutschland	Wuchshöhe	Kern-, Reif- oder Splintholzbaum	Härte	Dichte (kg/m <sup>3</sup> )	Festigkeit (N/mm <sup>2</sup> )	Verwendung	Preis als Bauholz pro m <sup>3</sup> (ca.) 03.2023
Buche	überall	bis 40 m	Kernholzbaum	hart	0,69 g/cm <sup>3</sup>	sehr hoch	Möbel, Parkett, Bauholz, Werkzeuggriffe	400–500 €
Eiche	überall	bis 40 m	Kernholzbaum	hart	0,70 g/cm <sup>3</sup>	sehr hoch	Möbel, Parkett, Holzkonstruktionen, Fässer, Schiffs- und Brückenbau	400–500 €
Esche	Süd-deutschland	bis 40 m	Splintholzbaum	hart	0,67 g/cm <sup>3</sup>	hoch	Möbel, Parkett, Werkzeugstiele, Sportgeräte, Bauholz	250–350 €
Ahorn	überall	bis 30 m	Splintholzbaum	hart	0,67 g/cm <sup>3</sup>	hoch	Möbel, Parkett, Musikinstrumente, Sportgeräte, Bauholz	400–500 €
Birke	überall	bis 30 m	Splintholzbaum	weich	0,65 g/cm <sup>3</sup>	mäßig	Möbel, Furnier, Parkett, Sperrholz, Bauholz	150–200 €
Kirsche	West-deutschland	bis 20 m	Kernholzbaum	hart	0,63 g/cm <sup>3</sup>	hoch	Möbel, Innenausbau, Drechselarbeiten, Schnitzereien	800–1000 €
Ulme	Süd-deutschland	bis 40 m	Splintholzbaum	mittel	0,63 g/cm <sup>3</sup>	mäßig	Möbel, Parkett, Innenausbau, Bauholz	200–300 €

### 1.1.3 Kohlenstoffkreislauf

#### // Holz als ökologischer Baustoff

Der Holzbau hat viele ökologische Vorteile gegenüber anderen Baumaterialien wie Beton oder Stahl. Hier sind einige wichtige Punkte:

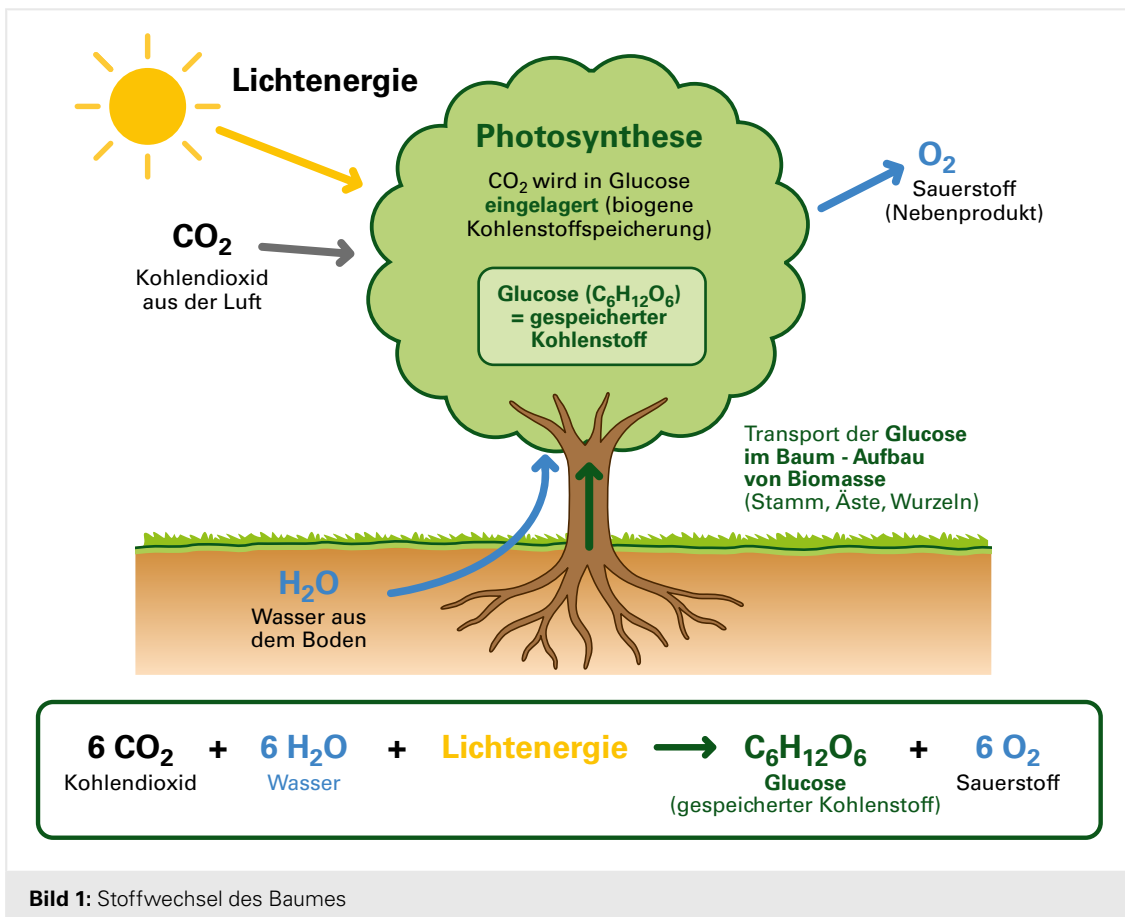
Holz spielt eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf und kann dazu beitragen, den  $\text{CO}_2$ -Gehalt in der Atmosphäre zu reduzieren. Während seines Wachstums absorbiert das Holz  $\text{CO}_2$  aus der Atmosphäre und wandelt es in Kohlenstoff um, der im Baum gespeichert wird (**Bild 1**).

Wenn das Holz dann für den Bau von Gebäuden oder anderen Konstruktionen verwendet wird, bleibt der Kohlenstoff im Holz gespeichert und trägt dazu bei, den  $\text{CO}_2$ -Gehalt in der Atmosphäre zu reduzieren. Im Gegensatz dazu gibt es bei anderen Baumaterialien wie Beton oder Stahl während ihrer Herstellung und Verwendung eine Freisetzung von  $\text{CO}_2$ .

Sobald das Holz seine Nutzungsdauer erreicht hat, kann es recycelt oder wiederverwendet werden. Wenn das Holz nicht mehr verwendet werden kann, kann es in Biomasse umgewandelt werden, um Energie zu erzeugen. Wenn das Holz in einem geschlossenen System verbrannt wird, wird das  $\text{CO}_2$  freigesetzt, das während des Wachstums absorbiert wurde, jedoch wird dieses  $\text{CO}_2$  sofort wieder im Wachstum der nachfolgenden Pflanzen gebunden.

Das bedeutet, dass der Einsatz von Holz im Bauwesen ein wichtiger Beitrag zur Reduzierung des  $\text{CO}_2$ -Ausstoßes sein kann und eine nachhaltige Alternative zu anderen Baumaterialien darstellt.

Die nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern und eine verantwortungsvolle Forstwirtschaft sind jedoch wichtige Voraussetzungen, um sicherzustellen, dass die Kohlenstoffspeicherung des Holzes erhalten und der Kreislauf geschlossen bleibt.



**Kritik**

Kritiker der Holzbauweise und von Holzheizungen führen jedoch an, dass die Verbrennung von Holz nicht wirklich CO<sub>2</sub>-neutral ist. Durch die Verbrennung wird das im Holz über viele Jahre gebundene CO<sub>2</sub> in sehr kurzer Zeit wieder freigesetzt. Zusätzlich (und das ist der Hauptkritikpunkt) entsteht eine Menge Feinstaub. Laut Umweltbundesamt stammen bis zu 20 % der Feinstaubbelastung in Deutschland aus der Holzverbrennung. Hinzu kom-

men häufig lange Transportwege, steigende Nachfrage und Holz aus nicht zertifizierten Quellen, welche die Umweltbilanz des Brenn- und Baustoffes Holz verschlechtern.



Zertifizierungen wie PEFC und FSC helfen Planern und Nutzern bei der Auswahl der einzusetzenden Hölzer und schaffen auch beim Holzhausbau Klarheit.

**Tabelle 1: Ökologie und Ökonomie des Baumes**



**Wald bietet**

- **Rohstoffe**  
(nachhaltig nutzbares Holz, Harze, Heilpflanzen)
- **Erneuerbare Energiequellen**  
(Biomasse)
- **Sauerstoffproduktion**
- **Lebensraum für Pflanzen und Tiere**  
(Biodiversitäts-Hotspots)
- **Erholungs- und Freizeiträume**  
(Naturtourismus, Waldbaden)
- **Wissenschaftliche Erkenntnisse**  
(Klimaforschung, Artenvielfalt)
- **Schutz vor Erosion**  
(durch Wurzelsysteme)
- **Arbeitsplätze**  
(Forstwirtschaft, Naturschutz)

**Wald bewirkt**

- **CO<sub>2</sub>-Bindung**  
(Reduktion des Treibhauseffekts)
- **Verbesserung der Luftqualität**  
(Filterung von Schadstoffen)
- **Schutz des Bodens**  
(Erosion, Nährstoffspeicherung)
- **Klimaanpassung**  
(Temperaturregulation, Mikroklima)
- **Trinkwasserschutz**  
(natürliche Wasserfilterung, Grundwasserschutz)
- **Lärminderung**  
(Schallabsorption)
- **Schutz vor Naturgefahren**  
(Hochwasser, Lawinen)
- **Förderung der psychischen Gesundheit**  
(Erholungsraum, Stressabbau)

**Fazit:**

Vielfältige Vorteile für Ökonomie, Ökologie, Klimaschutz und Lebensqualität

### 1.1.4 Stamm und Schnittware

Eine wichtige Unterscheidung beim Kauf von Bauholz ist die zwischen Stamm- und Schnittholz. In diesem Kapitel werden wir uns eingehend mit diesen beiden Kategorien befassen und einen Überblick über die gängigsten Bauholzarten geben.

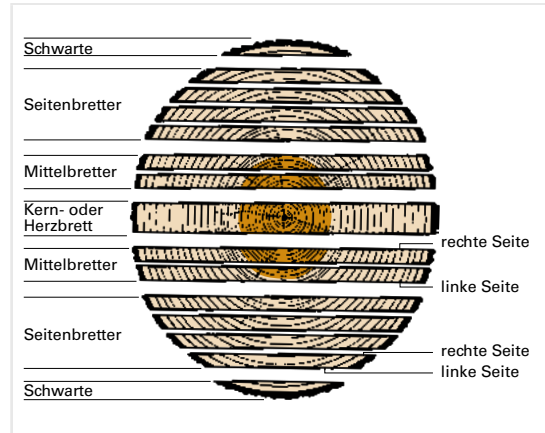
#### // Stamm- und Schnittholz: Was ist der Unterschied?

##### Stammholz

Stammholz bezieht sich auf das Holz, das direkt aus dem Stamm eines Baumes geschnitten wird. Es wird oft in Rundform verkauft und kann je nach Bedarf weiterverarbeitet werden.

##### Schnittholz

Schnittholz wird aus Stammholz geschnitten (**Bild 1**) und in verschiedene Formen und Größen zugeschnitten, die für den spezifischen Verwendungszweck geeignet sind. **Tabelle 1** zeigt eine Übersicht über Schnittholzarten.



**Bild 1:** Brettarten

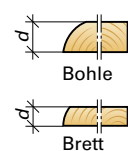
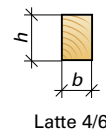
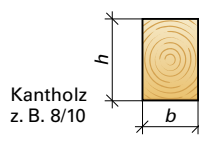
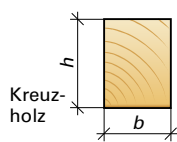
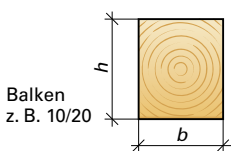


Die Abkürzung KVH steht für Konstruktionsvollholz und bezeichnet gehobeltes und getrocknetes Vollholz, das besonders maßhaltig, rissarm und tragfähig ist.

KVH arbeitet im Gegensatz zu normalem Bauholz weniger (schwindet oder quillt) und bietet eine gleichbleibende Qualität.

**Tabelle 1:** Schnittholzgrößen bei Bauschnitt- und Konstruktionsvollholz

Schnittholzart	Schnittholzeinteilung					
	DIN 4074/DIN 68365		TG		DIN 68252	
	Dicke/Höhe	Breite	Dicke/Höhe	Breite	Dicke/Höhe	Breite
<b>Balken</b>	-	-	-	-	Querschnittsfläche > 200 cm <sup>2</sup>	
<b>Kreuzholz</b>	-	-	Querschnittsfläche > 32 cm <sup>2</sup>		Querschnittsfläche > 32 cm <sup>2</sup> 4 Stück kerngetrennt	
<b>Kantholz</b>	$b \leq h \leq 3b$	$b > 40 \text{ mm}$	-	-	$d \geq 60 \text{ mm}$	$b \leq 3d$
<b>Bohle</b>	$d > 40 \text{ mm}$	$b > 3d$	Querschnittsfläche $\geq 32 \text{ cm}^2$	$b > 80 \text{ mm}$	$d \geq 40 \text{ mm}$	$b > 2d$
<b>Brett</b>	$d \leq 40 \text{ mm}$	$b \geq 80 \text{ mm}$	Querschnittsfläche > 32 cm <sup>2</sup>	$b \geq 80 \text{ mm}$	$8 \text{ mm} \leq d \leq 40 \text{ mm}$	$b > 80 \text{ mm}$
<b>Latte</b>	$d \leq 40 \text{ mm}$	$b < 80 \text{ mm}$	Querschnittsfläche < 32 cm <sup>2</sup>	$b < 80 \text{ mm}$	Querschnittsfläche < 32 cm <sup>2</sup>	$b < 80 \text{ mm}$



### 1.1.5 Holzfeuchtigkeit

#### // Holz als hygroscopischer Werkstoff

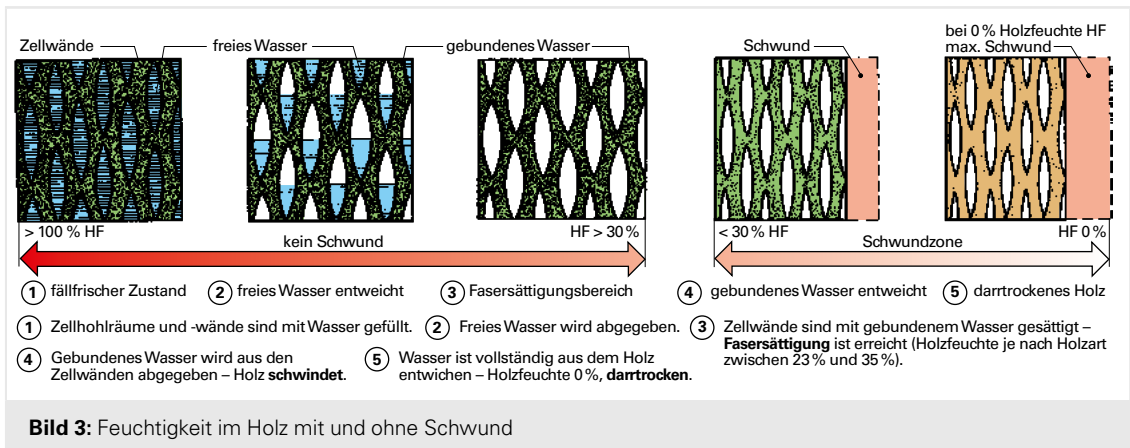
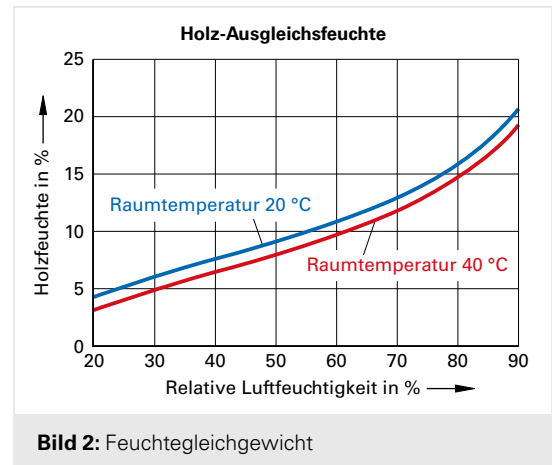
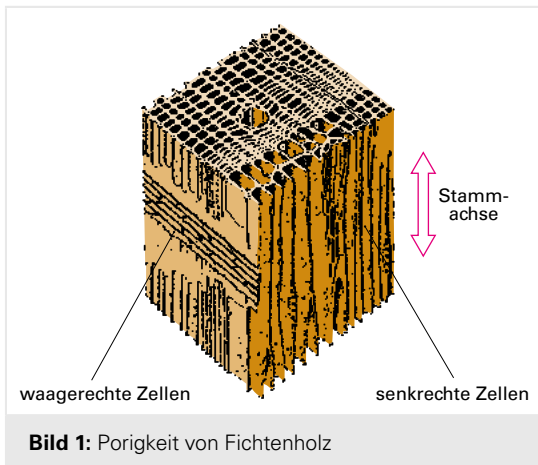
Holz ist ein hygroscopischer Werkstoff, der Feuchtigkeit aus seiner Umgebung aufnehmen oder abgeben kann. Diese Feuchtigkeit Aufnahme und -abgabe führen zu Veränderungen der Holzfeuchte, die wiederum Auswirkungen auf die Eigenschaften des Holzes haben können.

Die Abgabe bzw. Aufnahme der Feuchtigkeit beginnt, wenn zwischen dem Feuchtegehalt des Holzes und dem Feuchtegehalt der das Holz umgebenden Luft ein Unterschied (Feuchtigkeitsgefälle) besteht.

Frisch eingeschlagenes Holz enthält je nach Holzart, Standort und Alter eines Baumes zwischen 50 % und mehr als 100 % Wasser, bezogen auf

die trockene Holzmasse. Das Wasser befindet sich als „freies Wasser“ in den Zellhohlräumen (**Bild 1**) und als „gebundenes Wasser“ in den Zellwänden. Bedingt durch das röhrenartige Zellgefüge des Holzes wird beim Trocknen das freie Wasser verhältnismäßig rasch abgegeben. Enthält das Holz kein freies Wasser mehr, beträgt die Holzfeuchte je nach Holzart etwa 23 % bis 35 %. Dieser Feuchtebereich wird als Fasersättigungsbereich bezeichnet. In der Praxis wird zur Vereinfachung als Fasersättigung eine Holzfeuchte von 30 % bezeichnet (**Bild 3**).

Nach dem Fällen der Bäume wird das Holz zu Schnittware (Bretter, Balken etc.) verarbeitet. Die Trocknung erfolgt im Freien unter Einfluss des natürlichen Klimas. Dabei werden im Laufe von ca. 6 bis 12 Monaten Holzfeuchten von ca. 12 % bis 15 % erzielt (**Bild 2**).



Bei der Trocknung muss die Luft den Holzquerschnitt allseitig frei umströmen können. Nach oben hin muss der Holzstapel abgedeckt sein oder die Trocknung muss unter Dach in einem offenen Lagergebäude erfolgen (**Bild 1**).

Wenn das Holz Feuchtigkeit aufnimmt, quillt es und nimmt an Volumen zu. Wenn es dagegen Feuchtigkeit abgibt, schwindet es und nimmt an Volumen ab. Diese Volumenänderungen können bei ungünstigen Bedingungen wie starken Temperatur- oder Feuchtigkeitsschwankungen zu Rissbildung oder Verformungen des Holzes führen.

Die Holzfeuchtigkeit hat Auswirkungen auf das Festigkeitsverhalten des Holzes. In radialer Richtung, also in Richtung der Jahresringe, ist das Holz am stärksten und hat die höchste Festigkeit. In tangentialer Richtung, also quer zur Faser, ist das Holz dagegen am schwächsten und hat eine niedrigere

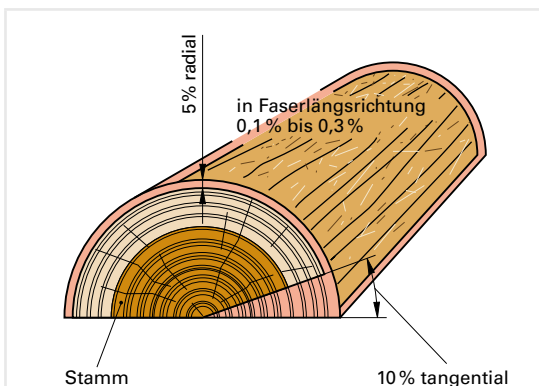
Festigkeit. Wenn die Holzfeuchte abnimmt, kann dies zu Rissen und Sprödigkeit des Holzes führen, insbesondere in tangentialer Richtung (**Bild 2**).

Es ist wichtig zu beachten, dass die Holzfeuchte auch Auswirkungen auf die Verarbeitbarkeit des Holzes hat. Wenn das Holz zu feucht oder zu trocken ist, kann dies zu Schwierigkeiten bei der Verarbeitung führen, beispielsweise bei der Zerspanung oder dem Zusammenfügen von Holzelementen. Auch kann es zu Verwerfungen kommen (**Bild 3**).

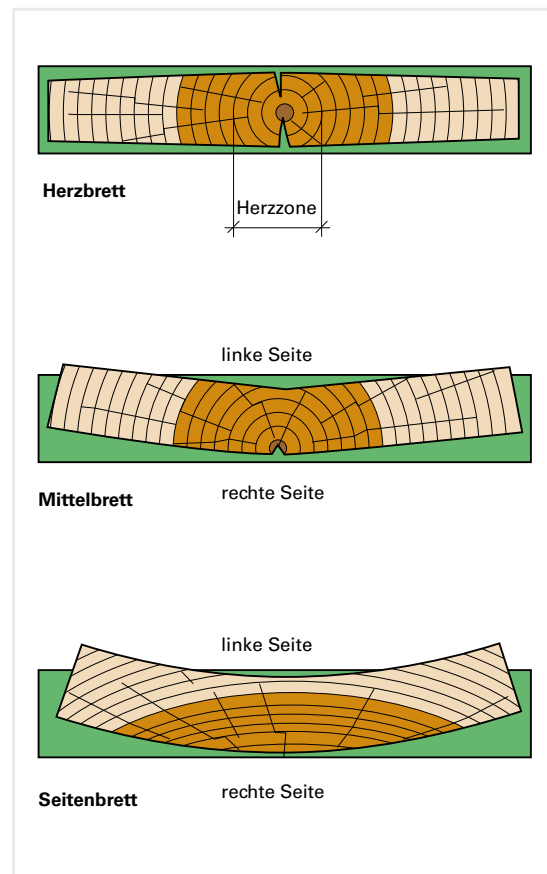
Um diese Probleme zu vermeiden, muss das Holz vor und während der Verarbeitung auf eine geeignete Feuchte gebracht werden (**Tabelle 1, nächste Seite**). Eine optimale Holzfeuchte hängt von verschiedenen Faktoren wie Holzart, Verwendungszweck und klimatischen Bedingungen ab. Für bautechnische Anwendungen wird jedoch eine Holzfeuchte von 15 % empfohlen.



**Bild 1:** Offenes Holzlager



**Bild 2:** Schwundrichtung



**Bild 3:** Schwundformen und deren Benennung bei Brettern

// Holzfeuchte



Die Holzfeuchte kann mittels Feuchte-Messgeräte oder mittels der Darmmethode berechnet bzw. ermittelt werden.

**Darmmethode**

Die Darmmethode ist eine traditionelle, aber präzise Methode zur Bestimmung der Holzfeuchte in Bauholz.

**1. Probenahme:**

Entnehmen einer repräsentativen Probe des Bauholzes. Diese Probe sollte typisch für das Holz sein, das im Bau verwendet wird, und aus verschiedenen Teilen des Stapels oder der Charge stammen, um eine genaue Messung zu gewährleisten.

**2. Vorbereitung der Proben:**

Schneiden der Proben auf eine standardisierte Größe. Typischerweise werden Holzstücke zu kleinen Scheiben oder Splintern zerkleinert, um eine schnellere und gleichmäßige Trocknung zu ermöglichen.

**3. Wiegen der Probe:**

Wiegen jeder Probe genau und Gewicht bis auf eine Nachkommastelle in Gramm notieren. Dies dient als Ausgangsgewicht, um später den Feuchtigkeitsverlust zu berechnen.

**4. Trocknung der Probe:**

Proben in einen Trockenschrank oder eine Trockenkammer legen, die auf eine konstante Temperatur erhitzt wird. Die traditionelle Temperatur für die Darmmethode liegt bei etwa 100 °C bis 105 °C. Lassen Sie die Proben für eine ausreichende Zeit trocknen, normalerweise über mehrere Stunden oder sogar Tage, bis sie ihr Gewicht nicht mehr signifikant verändern. Dieses Holz nennt man dann „darrtrocken“.

**5. Wiegen der trockenen Probe:**

Nachdem die Proben vollständig getrocknet sind, werden sie erneut gewogen und das Gewicht notiert. Der Unterschied zwischen dem Anfangsgewicht und dem Endgewicht entspricht dem Feuchtigkeitsverlust des Holzes während des Trocknungsprozesses.



Das Gewicht muss sofort nach dem Trocknen ermittelt werden. Bedingt durch die überall vorhandene Luftfeuchtigkeit nimmt die Holzprobe sofort wieder Feuchtigkeit auf.

**6. Berechnung der Holzfeuchte (Bild 1):**

Die Holzfeuchte  $u$  wird anhand des prozentualen Gewichtsverlusts während des Trocknungsprozesses berechnet. Die Formel lautet:

$$u = \frac{m_u - m_0}{m_0} \cdot 100\%$$

mit:  
 $m_u$  = Masse der feuchten Holzprobe  
 $m_0$  = Masse der wasserfreien Holzprobe

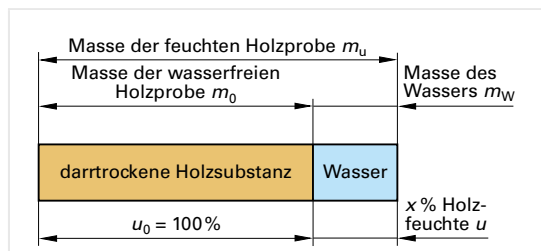


**Holz schwindet in 3 Richtungen:**

- Längs in Richtung des Faserverlaufs
- Radial in Richtung des Durchmessers
- Tangential in Richtung der Tangente an den Stamm

**7. Interpretation der Ergebnisse:**

Die berechnete Holzfeuchte wird mit den spezifizierten Anforderungen für das Bauholz verglichen. Abhängig von den Anforderungen können weitere Maßnahmen erforderlich sein, wie z.B. zusätzliche Trocknung, um den gewünschten Feuchtigkeitsgehalt zu erreichen.



**Bild 1:** Bestimmung der Holzfeuchte

**Tabelle 1:** Soll-Holzfeuchte für Holzbauteile

<b>Pergolen</b>	12 % bis 24 %
<b>Dachstühle</b>	12 % bis 18 %
<b>Fenster und Außentüren</b>	12 % bis 15 %
<b>Parkett</b>	7 % bis 11 %
<b>Treppen, Innenausbau</b>	6 % bis 10 %
<b>Schalungsplatten</b>	≥ 7 %