



DAA-TECHNIKUM

Fortbildungslehrgang Staatlich geprüfter Techniker (m/w/d)

Fachrichtung: Bautechnik

Schwerpunkte: Hochbau
Tiefbau

Auszüge aus dem Lehrmaterial



Lernmaterial

Inhaltsverzeichnis

- 1 Modul 2 LSK 1: „Auswahl geeigneter Baustoffe“ (schwerpunktübergreifend)4**
 - 1.1 Holz- und Holzwerkstoffe4
 - 1.1.1 Eigenschaften des Holzes4
- 2 Modul 2 LSK 2: „Beurteilung bauphysikalischer Vorgänge“ (schwerpunktübergreifend)15**
 - 2.1 Wärmeschutz von Steil- und Flachdächern15
 - 2.1.1 Baukonstruktive Ausführungen15
 - 2.1.2 Bauphysikalische Anforderungen und Nachweise17
- 3 Modul 3 LSK 4: „Baustatik und Festigkeitslehre“ (schwerpunktübergreifend)21**
 - 3.1 Statisch unbestimmte Systeme21
 - 3.1.1 Zweifeldträger mit gleichen und ungleichen Stützweiten21
 - 3.2 Erddruckarten und Erddruckermittlung27
- 4 Modul 3 LSK 5: „Bemessung von Bauteilen verschiedener Werkstoffe II“ (schwerpunktübergreifend)41**
 - 4.1 Stahlbeton-Plattenbalken41
 - 4.1.1 Tragverhalten und mitwirkende Plattenbreite41
 - 4.2 Verankerung der Bewehrung und Konstruktionshinweise47
 - 4.2.1 Längsbewehrung (EC2-1-1, 9.2.1)47
 - 4.3 Bemessung von Pfettendächern51
 - 4.3.1 Tragglieder, Aussteifung und Lastabtragung bei Pfettendächern51
 - 4.3.2 Sparrenbemessung56
 - 4.3.3 Einfeldsparren ohne Kragarm57
- 5 Modul 3 LSK 8: „Technische Gebäudeausrüstung“ (Schwerpunkt Hochbau)63**
 - 5.1 Sanitäre Anlagen in Wohn- und Gewerbebauten63
 - 5.1.1 Sanitärräume63
 - 5.2 Planung der Hausentwässerung65
 - 5.3 Heizungs- und Energietechnik68
 - 5.3.1 Moderne Heizungsanlagen im Überblick68
 - 5.3.2 Brennwertgeräte69
 - 5.3.3 Holzheizungen71
 - 5.3.4 Wärmepumpen75
 - 5.3.5 Blockheizkraftwerke82
 - 5.3.6 Solarthermie87
- 6 Modul 3 LSK 8: „Straßen- und Wegebau“ (Schwerpunkt Tiefbau)93**
 - 6.1 Grundlagen der Straßenplanung93
 - 6.1.1 Technische Regelwerke im Straßenbau93

6.1.2	Einteilung der Straßen in Kategorien	94
6.2	Entwurfselemente im Querschnitt	97
6.2.1	Verkehrsraum und lichter Raum	99
6.2.2	Regelquerschnitte	100
6.3	Bemessung des Straßenoberbaus.....	106
6.3.1	Anforderungen an den Straßenkörper	106
6.3.2	Dimensionierungsrelevante Beanspruchung B (Belastungsklassen)	110
7	Modul 5 LSK 1: „Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen nach BGB und VOB“ (schwerpunktübergreifend).....	116
7.1	Vertragsrecht im Bauwesen	116
7.2	Allgemeine Bestimmungen für die Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen nach VOB/A	116
7.2.1	Bestimmungen für die Ausschreibung von Bauleistungen	116
7.2.2	Grundlagen eines Ausschreibungsverfahrens	116
7.2.3	Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis (LV) für eine Ausschreibung.....	118
7.3	Bestimmungen für die Vergabeverfahren von Bauleistungen.....	119
7.3.1	Rechtliche Grundlagen der Vergabeverfahren	119
8	Modul 5 LSK 2: „Bauvertragsgestaltung, Bauobjektüberwachung und - betreuung durch den Auftraggeber“ (schwerpunktübergreifend).....	120
8.1	Allgemeine Vertragsbedingungen und Regeln für die Ausführung von Bauleistungen nach VOB/B	120
8.1.1	Regelungen der Vergütung von Bauleistungen	120
8.2	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen und Vorschriften über die Ausführung und Abrechnung spezifischer Bauleistungen nach VOB/C	122
8.2.1	Inhalt und Aufbau der VOB/C	122
8.3	Bauobjektüberwachung und –betreuung durch den Auftraggeber	123
8.3.1	Allgemeine Baustellenorganisation und Terminplanung.....	123
8.3.2	Qualitätssicherung der zu erbringenden Bauleistungen	128
8.3.3	Abnahme der Bauleistungen.....	131
8.3.4	Aufmaß und Abrechnung von Bauleistungen	135
8.3.5	Kosten- und Nachtragsmanagement	137
8.3.6	Objektübergabe an den Auftragnehmer.....	142
8.4	Softwaregestützte vernetzte Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden (BIM).....	143
9	Modul 5 LSK 3: „Arbeitsvorbereitung und Logistik von Baumaßnahmen“ (schwerpunktübergreifend)	147
9.1	Ressourcenplanung einer Baumaßnahme.....	147
9.1.1	Aufgaben und Ziele der Ressourcenplanung	147
9.2	Baustelleneinrichtungsplanung	147
9.2.1	Baubetriebliche Grundlagen einer Baustelleneinrichtung	147
9.3	Baumaschinen-Einsatzplanung.....	148

9.3.1 Hebezeuge auf der Baustelle	149
9.4 Kostenrechnung in der Bauwirtschaft	154
9.4.1 Wertströme und betriebswirtschaftliche Grundlagen einer Kostenrechnung	154
9.4.2 Erfassung und Berechnung der einzelnen Kostengruppen einer Bauleistung.....	156
10 Modul 5 LSK 4: „Planung und Leitung der Durchführung von Baumaßnahmen“ (Schwerpunktübergreifend).....	159
10.1 Bauablauf- und Terminplanung einer Baumaßnahme	159
10.1.1 Bauablaufplanung mithilfe eines Balkenplans	159
10.2 Sicherheit und Gesundheitsschutz auf der Baustelle	162
10.2.1 Rechtliche Grundlagen von Sicherheit und Gesundheitsschutz auf der Baustelle	162
10.2.2 Arbeits- und Schutzgerüste der Bauwerke	162
10.2.3 Baugruben und Gräben auf der Baustelle	163

1 Modul 2 LSK 1: „Auswahl geeigneter Baustoffe“ (schwerpunktübergreifend)

1.1 Holz- und Holzwerkstoffe

1.1.1 Eigenschaften des Holzes

Rohdichte

Die Rohdichte gibt das Verhältnis von Masse zu Volumen einschließlich aller Hohlräume an. Sie ist von Holzart zu Holzart verschieden und schwankt auch innerhalb einer Holzart. Die Rohdichte aller Holzarten liegt zwischen 0,1 (Balsa) und 1,3 g/cm³ (Pockholz). Diese großen Rohdichteunterschiede sind trotz der für alle Holzarten einheitlichen Dichte der reinen Zellwandsubstanz von ca. 1,5 g/cm³ möglich, weil die Anzahl der verholzten Zellen und die Dicke ihrer Wände in gleich große Probenkörpern bei verschiedenen Holzarten stark unterschiedlich sind.

Der Feuchtigkeitsgehalt wirkt sich stark auf die Rohdichte aus. Zur genauen Definition benutzt man deshalb Indizes.

ρ_0 = Rohdichte im Darrzustand bei 0 % Holzfeuchte

ρ_{12} = Rohdichte im Normalklima nach DIN 52182 mit 12 % Holzfeuchte.

ρ_{FSB} = Rohdichte im Zustand der Fasersättigung

Die Rohdichte ist die entscheidende Größe für die meisten technologischen Eigenschaften des Holzes. So wird Holz mit steigender Rohdichte härter, fester, dauerhafter, schwerer zu imprägnieren und schwieriger zu trocknen. Auf Grund des höheren Zellwandanteils quillt und schwindet schwereres Holz häufig stärker. Die Wärmeleitfähigkeit steigt.

Die verschiedenen Holzarten lassen sich nach Dichte und Verwendung in drei Gruppen einteilen:

1. Holzarten mit Rohdichten unter 0,5 g/cm³ für Verkleidungen (Profilbretter, Schindeln, usw.).
2. Holzarten mit Rohdichten von 0,5-0,8 g/cm³ für tragende Funktionen (Träger, Stützen, Rahmenkonstruktionen).
3. Holzarten mit Rohdichten über 0,8 g/cm³ für besonders hohe mechanische Beanspruchung (Parkett, Lagerhölzer, usw.)

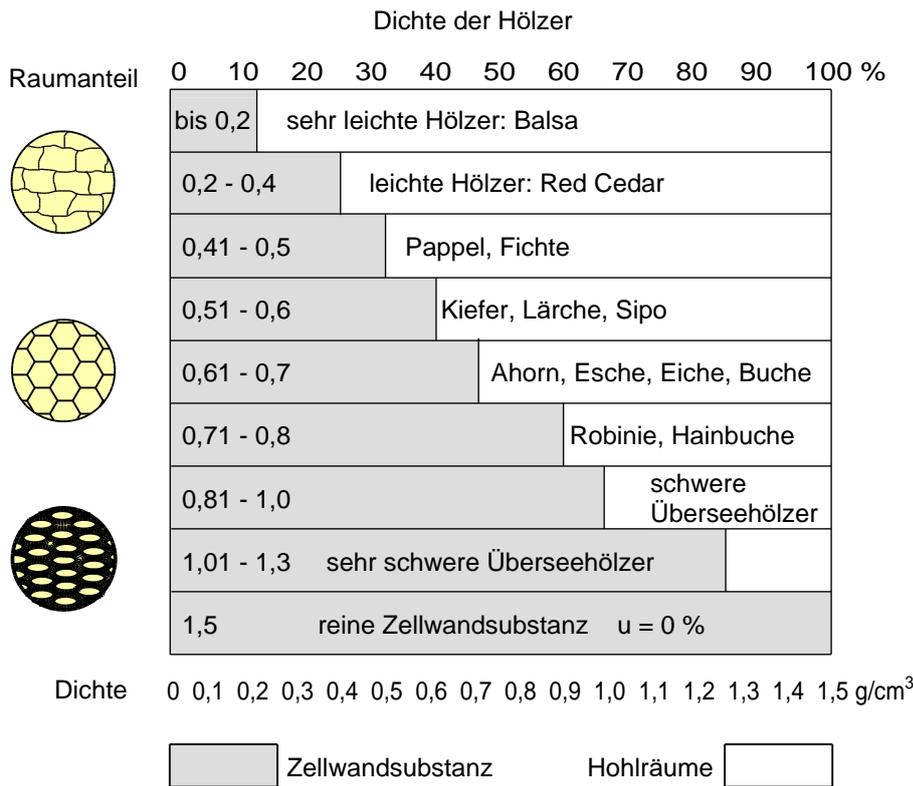


Abbildung 1: Rohdichte einiger Holzarten

Elastische Eigenschaften und Festigkeiten des Holzes

Holz ist im Vergleich zu anderen Konstruktionswerkstoffen ein Material mit guten Festigkeitseigenschaften. Bei relativ geringem Gewicht ist Holz in der Lage, verhältnismäßig große Kräfte bis zur Deformation aufzunehmen. Es ist jedoch zu beachten, dass Holz ein inhomogener Werkstoff ist. Unterschiedliche Holzfeuchte, ungleiche Jahrringbreiten, Astbildung und Abweichung im Wuchs führen zu großen Streuungen der Werte bei Festigkeitsprüfungen. Das hat zur Folge, dass die zulässigen Spannungen bei statischen Berechnungen im Vergleich zu den Bruchspannungen relativ klein sind.

Weiterhin ist Holz ein anisotroper Werkstoff, d.h. seine Eigenschaften sind unterschiedlich durch die verschiedenen Wuchsrichtungen axial, radial und tangential. Man unterscheidet deshalb bei Festigkeitseigenschaften Spannungen in Richtung der Faser und quer dazu.

Elastizität

Die Elastizität ist die Eigenschaft fester Körper, eine durch äußere Kraft bewirkte Formveränderung nach Entspannung wieder rückgängig zu machen. Wird die Elastizitätsgrenze überschritten, so bleibt eine plastische Verformung nach Wegnahmen der verformenden Kraft oder aber beim Erreichen der Festigkeitsgrenze kommt es zum Bruch. Bei Holz ist wie bei allen elastischen Stoffen unterhalb der Elastizitätsgrenze die Verformung proportional zur aufgebrauchten Spannung. Das Verhältnis von Spannung zur Dehnung ist in diesem Bereich konstant und wird als Elastizitätsmodul, kurz E-Modul, bezeichnet. Je größer der E-Modul eines Holzes ist, desto größer ist die Verformungssteifigkeit, desto geringer ist die Verformung bei einer bestimmten aufgebrauchten Kraft.

Die Elastizität von Holz ist abhängig von:

der Belastungsrichtung; in Faserrichtung ist der E-Modul um ein Vielfaches höher als quer zur Faser.
 der Holzart: sehr elastisch sind z.B. Esche und Hickory, diese Holzarten werden für den Bau von Sportgeräten, Sitzmöbeln und Werkzeugstielen eingesetzt.

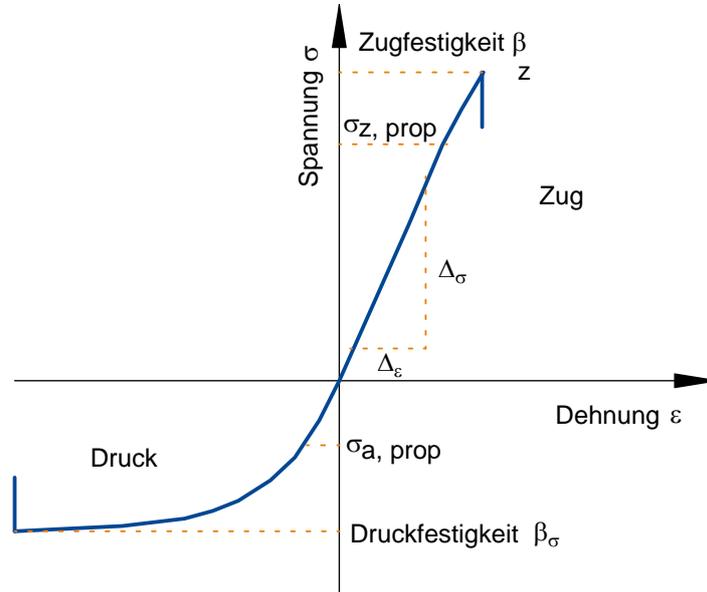


Abbildung 2: Spannungs-Dehnungs-Diagramm

Tabelle 1: E-Modul einiger Holzarten

Elastizitätsmodul in N/mm ²	in Faserrichtung	quer zur Faser
Nadelhölzer	10000	300
Eiche, Buche, Teak,	12500	600
Afzelia, Merbau,	13000	800
Bongossi,	17000	1200

Festigkeit

Holz kann in der Praxis auf

- Zug (1),
- Druck (2),
- Abscherung (3),
- Verdrehung bzw. Torsion (4) und
- Biegung (5)

beansprucht werden.

Die Festigkeit ist ein Maß für den Widerstand, den ein Holz diesen Beanspruchungen bis zum Zerreißen entgegensetzt.

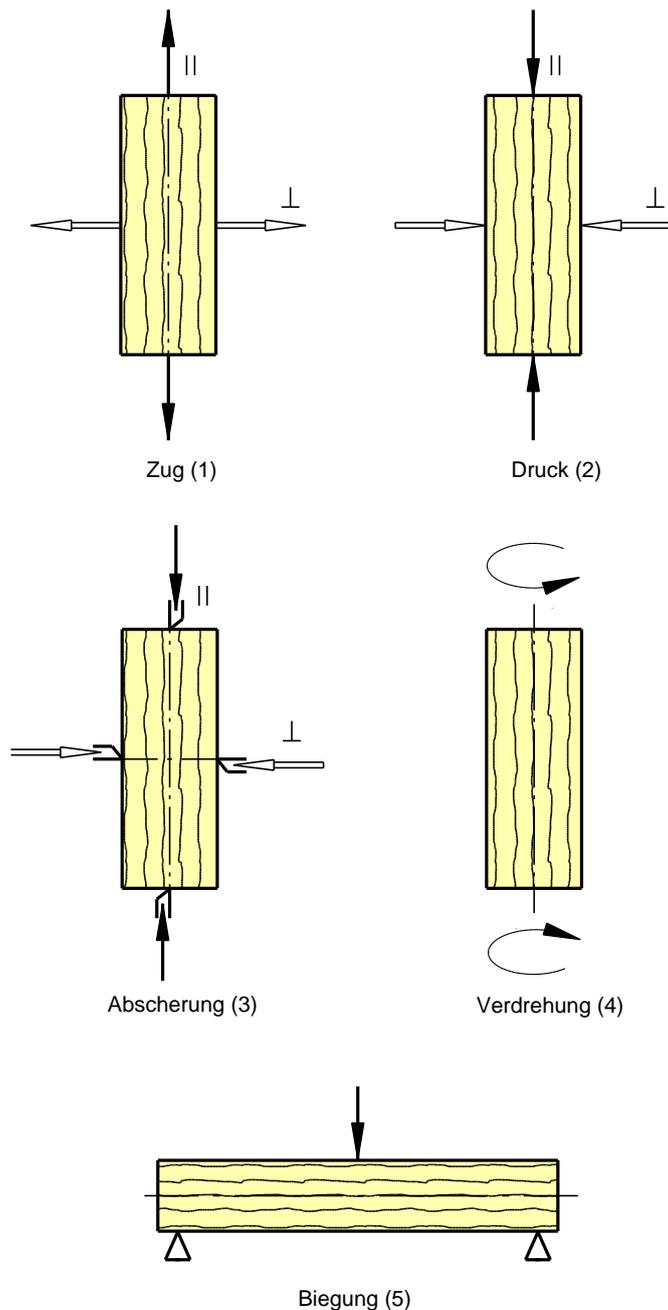


Abbildung 3: Belastungsfälle

Die Festigkeiten steigen mit zunehmender Rohdichte. Mit steigender Holzfeuchtigkeit sinken die Festigkeitswerte ab. In Faserrichtung sind die Festigkeiten von Holz erheblich höher als quer zur Faserrichtung. Äste, Risse und Faserabweichungen haben großen Einfluss auf die Festigkeiten.

Biegefestigkeit

Die Beanspruchung auf Biegung ist die häufigste Beanspruchung im Holzbau. Die Biegefestigkeit ist der Widerstand, den das Holz einer senkrecht zur Faser angreifenden Kraft entgegensetzt.

Auf der kraftangreifenden Seite herrschen Druckspannungen, auf der kraftabgewandten Seite Zugspannungen.

Die Biegefestigkeit ist abhängig von:

der Dichte: mit steigender Dichte nimmt die Biegefestigkeit zu

der Holzfeuchte: im Bereich von 0 % Holzfeuchte bis Fasersättigung nimmt sie linear ab

der Struktur des Holzes, wie Jahrringverlauf und Ästigkeit: Äste auf der Zugseite mindern die Biegefestigkeit. Auch Pilzbefall setzt sie erheblich herab.

Scherfestigkeit

Die Scherfestigkeit ist der Widerstand des Holzes gegen Abschieben oder Abscheren von Holzschichten durch eine in der Ebene oder seltener quer zur Ebene der Holzschichten wirkende Kraft.

Die Scherfestigkeit spielt bei Holzverbindungen eine wichtige Rolle. Beim Verkeilen und beim Versatz treten die Scherkräfte parallel zur Faser auf, daher ist eine ausreichend große Scherfläche einzuplanen, weil sonst die Fasern abscheren.

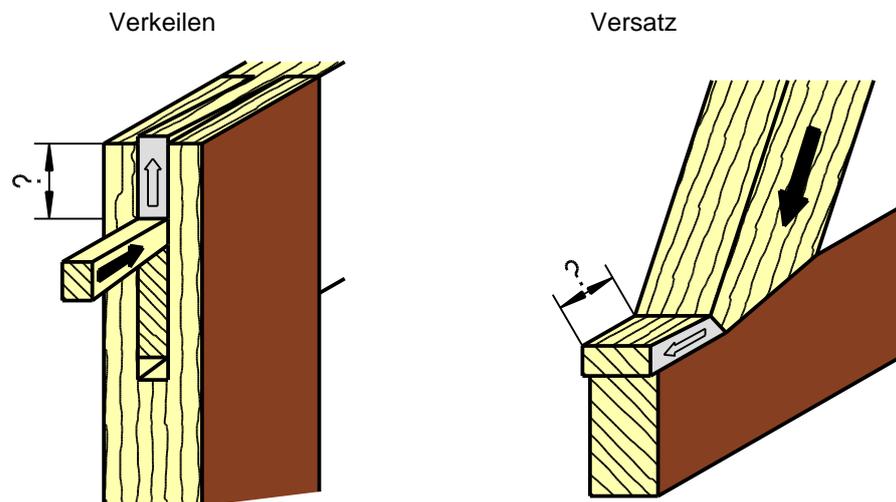


Abbildung 4: Scherbeanspruchung

Zugfestigkeit

Die Zugfestigkeit ist der Widerstand gegen eine Kraft, die parallel oder senkrecht zur Holzfaser zieht. Quer zur Faser besitzt Holz nur 5-10 % der Längszugfestigkeit. Daher wirken sich Faserabweichungen stark aus. Faserabweichungen von 15° zur Zugrichtung vermindern die Zugfestigkeit um 50 %. Querszugbeanspruchungen müssen im Holzbau unbedingt vermieden werden. Die Ästigkeit des Holzes vermindert die Zugfestigkeit ebenfalls erheblich, wobei eine Abnahme der Zugfestigkeit von etwa 50 % bei astigem Holz gegenüber astfreiem Holz angenommen werden kann. Wie alle Festigkeiten sinkt auch die Zugfestigkeit mit zunehmender Holzfeuchte.

Druck- und Knickfestigkeit

Die Druckfestigkeit ist der Widerstand gegen eine Kraft, die parallel oder senkrecht zur Holzfaser drückt. Parallel zur Faser ist Holz etwa um das 5- bis 8fache druckfester als quer zur Faser. Die Druckbeanspruchung ist im darrtrockenen Zustand am größten und nimmt mit steigender Holzfeuchte bis Fasersättigung stark ab. Die Druckfestigkeit parallel zur Faser beträgt nur etwa 50 % der Zugfestigkeit, bei höherer Belastung knicken die Fasern aus. Äste beeinflussen die Druckfestigkeit nicht.

Bei schlanken Bauteilen muss das Ausknicken in Richtung der kleineren Querschnittsbreite (Knickfestigkeit) beachtet werden. Dieser Sonderfall der Druckbelastung ist im Holzbau zu beachten, da auf Längsdruck beanspruchte Konstruktionsteile so lang sind, dass sie früher knicken, als dass sie durch den Längsdruck zerstört werden.

Verdrehung, Torsionsfestigkeit

Die Torsionsfestigkeit ist der Widerstand des Holzes gegen das Verdrehen um die Längsachse der Fasern. Die Belastung auf Torsion ist bei Holz selten.

Härte

Als Härte des Holzes ist der Widerstand zu sehen, den das Holz dem Eindringen fremder Körper in seiner Oberfläche entgegensetzt. Somit ist die Härte ein Maß für die Beständigkeit gegen Druckstellen, Kratzer, Verschleiß und Abrieb.

Die Härte steigt mit zunehmender Rohdichte an. Parallel zur Faser (Hirnfläche) ist die Härte etwa 1,5 bis 2-mal größer als quer zur Faser (Seitenfläche). Diese Eigenschaft wird bei Holzpflaster genutzt. Unterhalb Fasersättigung ist die Härte wie die Festigkeiten holzfeuchteabhängig; sie nimmt mit steigender Holzfeuchte ab.

Tabelle 2: Härte verschiedener Holzarten

Härtegrad	HB (N/mm ²)	Holzart
Sehr weich	bis 35	Balsa, Linde, Pappel, Weide
Weich	bis 49	Fichte, Kiefer, Erle,
Mittelhart	bis 59	Birnbaum, Birke, Nussbaum
Hart	bis 65	Eiche, Eibe, Esche, Rotbuche
Sehr hart	bis 146	Buchsbaum, Weißbuche, Bongossi
Beinhart	über 150	Pockholz

Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes des Holzes

Holz ist ein hygroskopisches Material, dessen Feuchtegehalt vom Umgebungsklima abhängt. Bei ausreichend langer Lagerung in einem bestimmten Klima, das durch die relative Luftfeuchte und der Temperatur definiert ist, erreicht Holz die zugehörige Gleichgewichtsfeuchte (abgekürzt: u_{gl}).

So wird absolut trockenes Holz immer wieder bis zur Gleichgewichtsfeuchte Wasserdampf aus der Luft aufnehmen und feuchtes Holz wird Wasser an die umgebende Luft abgeben, bis die Gleichgewichtsfeuchte erreicht ist. Bauholz muss z.B. nicht künstlich getrocknet werden, Holz für Innenräume lässt sich jedoch nur künstlich auf die Sollholzfeuchte trocknen.

Der hygroskopische Holzfeuchtigkeitsbereich endet bei ca. 30 % Holzfeuchte, hierzu ist eine relative Luftfeuchte von 100 % notwendig. Der Zusammenhang zwischen der relativen Luftfeuchtigkeit der Umgebungsatmosphäre und dem Holzfeuchtegleichgewicht bei einer konstanten Temperatur wird grafisch als Kurve sichtbar, die Sorptionsisotherme genannt wird. Die Sorptionsisothermen für Holz sind nachfolgend dargestellt und zeigen eine typische s-förmige Gestalt.

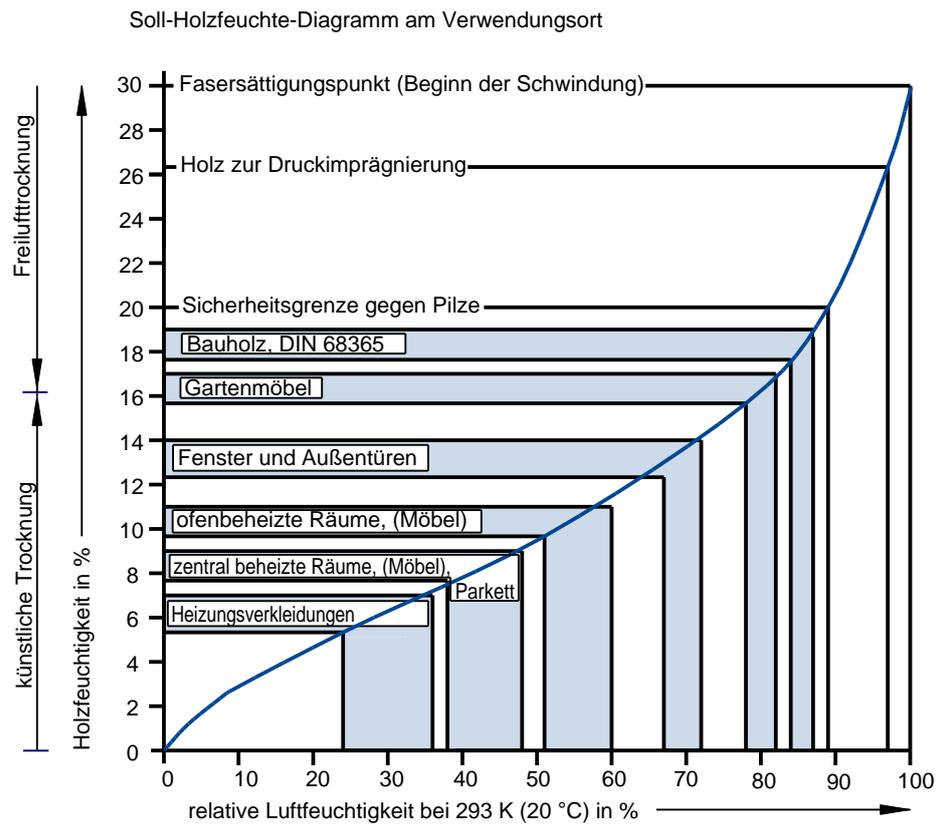


Abbildung 5: Sorptionsisotherme von Holz mit Sollholzfeuchteangaben am Verwendungsort = Gleichgewichtsfeuchte

Auswirkungen der Holzfeuchte

Die besondere Bedeutung des Feuchtigkeitsgehaltes für viele Gebiete der Holzverwendung, insbesondere für Holz im Bauwesen, beruht auf der Tatsache, dass unterhalb der Fasersättigung praktisch alle technologischen Eigenschaften des Holzes vom Feuchtegehalt beeinflusst werden.

Die Masse des Holzes steigt mit zunehmender Holzfeuchte.

Die elastischen Eigenschaften und die Festigkeiten sinken mit zunehmender Holzfeuchte.

Die Wärmeleitfähigkeit des Holzes nimmt mit steigender Holzfeuchte zu.

Der elektrische Widerstand ändert sich im Bereich der Holzfeuchte von 3 % bis 25 % annähernd in einem linearen Zusammenhang, der als Grundlage für eine elektrische Holzfeuchtemessung dient.

Außerdem wird die Dauerhaftigkeit gegenüber Schädlingen entscheidend von der Holzfeuchte beeinflusst. Weiterhin ändern sich beim Trocknen und Befeuchten des Holzes im hygroskopischen Bereich die Abmessungen. Auf Grund dieses Quell- und Schwindverhalten des Holzes, das auch als „Arbeiten des Holzes“ bezeichnet wird, ist es notwendig, Holz mit dem Feuchtigkeitsgehalt zu verarbeiten und einzubauen, der in etwa dem späteren Umgebungsklima entspricht.

Bestimmung der Holzfeuchte

Darrverfahren

Die Bestimmung der Holzfeuchte erfolgt nach DIN 52813 (Darrverfahren), wobei die Holzfeuchtigkeit u in % das Verhältnis zwischen der Masse des in einer Holzprobe enthaltenen Wassers und der Masse der wasserfreien darrtrockenen Holzprobe ist.

$$u = \frac{m_w}{m_o} \cdot 100 = \frac{m_u - m_o}{m_o} \cdot 100 [\%]$$

- u : Holzfeuchte in %
- m_w : Masse des Wassers in g
- m_u : Masse der feuchten Proben in g
- m_o : Masse der wasserfreien (darrtrockenen) Holzprobe in g

Durchführung

Kleine Holzproben im Abstand von ca. 50 cm vom Hirnende eines zu prüfenden Holzes werden sofort nach der Entnahme auf 0,1 % gewogen und bei 103 C +/- 2 C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Danach werden die Proben über Trockenmittel bis zur Abkühlung gelagert und auf 0,1 % genau gewogen. Die Holzfeuchte ergibt sich nach obiger Gleichung.

Einfluss der Holzfeuchte auf Quell- und Schwindeigenschaften

Waldfrisches Holz ist gekennzeichnet durch eine hohe Holzfeuchte, die sich besonders als „freies Wasser“ in den Zellhohlräumen befindet. Bei fortschreitender Trocknung diffundiert zunächst das „freie Wasser“ aus dem Holz bis zur Fasersättigung, d.h. dann sind nur noch die Zellwände mit Wasser gesättigt („gebundenes Wasser“). Wird der Trocknungsprozess noch weitergeführt, kommt es zum Schwinden des Holzes. Umgekehrt würde bei Feuchtigkeitsaufnahme durch die Zellwand unterhalb der Fasersättigung ein Quellen des Holzes festzustellen sein.

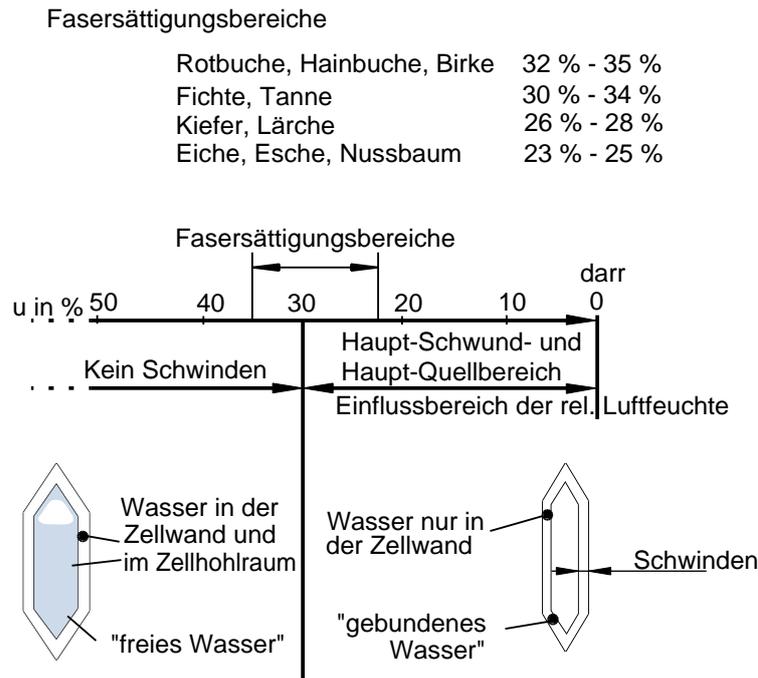


Abbildung 6: Fasersättigungsbereiche

Der fortschreitende Prozess der Holz Trocknung vom frisch gefällten Holz bis zum darrgetrockenen Holz ist stufenweise schematisch in obiger Abbildung dargestellt. Vom Fasersättigungsbereich an, wo, wie der Name sagt, nur noch die Fasern der Zellwände mit Feuchtigkeit angereichert sind, schwindet das Holz, bis der darrgetrockene Zustand erreicht ist bzw. in der Praxis bis zur erreichten Gleichgewichtsfeuchte am jeweiligen Verwendungsort.

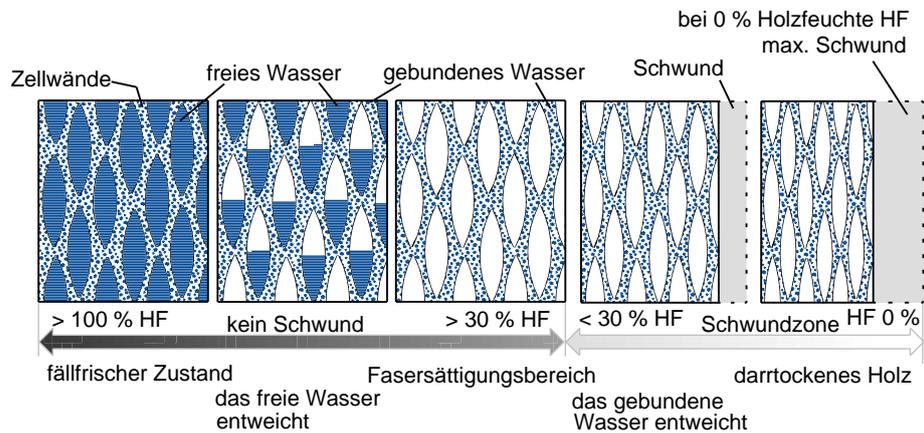


Abbildung 7: Holzschwind beim Trocknen

Anisotropie und Querschnittsänderung des Holzes

Holz schwindet in den drei anatomischen Richtungen unterschiedlich (= Anisotropie). In Richtung des Faserverlaufes (axial) beträgt das maximale Quell- und Schwindmaß ca. 0,3 %, in Richtung der Holzstrahlen etwa 5 % (radial) und in Richtung der Jahrringe (tangential) etwa um 10 %.

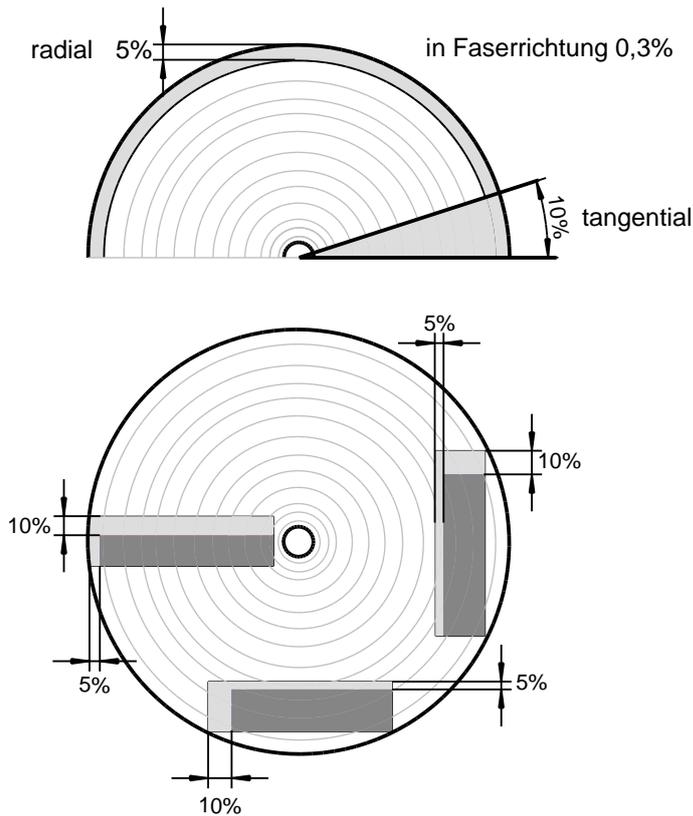


Abbildung 8: Maximale Quell- und Schwundmaße bei einer Trocknung von Fasersättigung bis auf 0 % Holzfeuchte

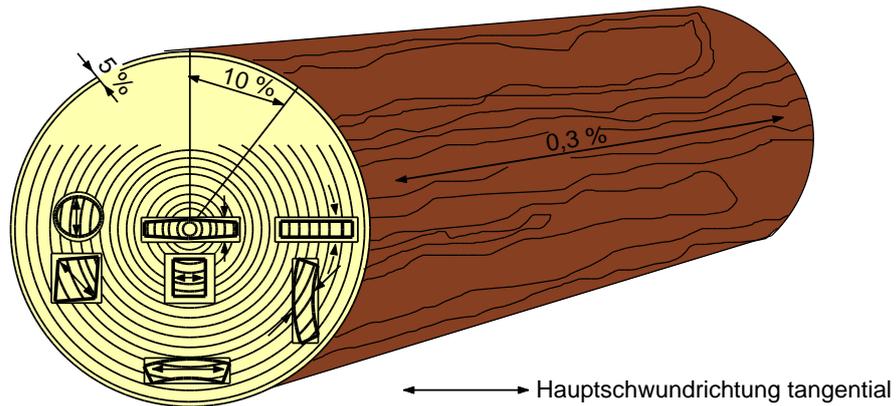
In dem für die Anwendung besonders wesentlichen Bereich zwischen 7 % und 20 % Holzfeuchte stehen Schwind- und Quellverhalten in einem linearen Verhältnis zur Holzfeuchteänderung. Für diesen Bereich lassen sich differenzielle Schwind- und Quellmaße in % pro % Holzfeuchteänderung angeben. Mithilfe der differentiellen Quellung lassen sich feuchtigkeitsbedingte Abmessungsänderungen rechnerisch abschätzen. Dies ist beispielsweise bei Dachschalungen, Außenverkleidungen und Füllungen sinnvoll.

Tabelle 3: Differenzielles Quell- und Schwindmaß in % je % Holzfeuchteänderung für verschiedene Holzarten

Holzart	radial	tangential	Anisotropie
Fichte	0,19	0,39	2,1
Kiefer	0,19	0,36	1,9
Lärche	0,14	0,30	2,1
Tanne	0,14	0,28	2,0
Afromosia	0,18	0,32	1,8
Bongossi	0,31	0,40	1,3
Buche	0,20	0,41	2,1
Eiche	0,16	0,36	2,3
Esche	0,21	0,38	1,8
Meranti rot	0,11	0,25	2,3
Nussbaum	0,18	0,29	1,6
Sipo	0,20	0,25	1,3
Teak	0,16	0,26	1,6

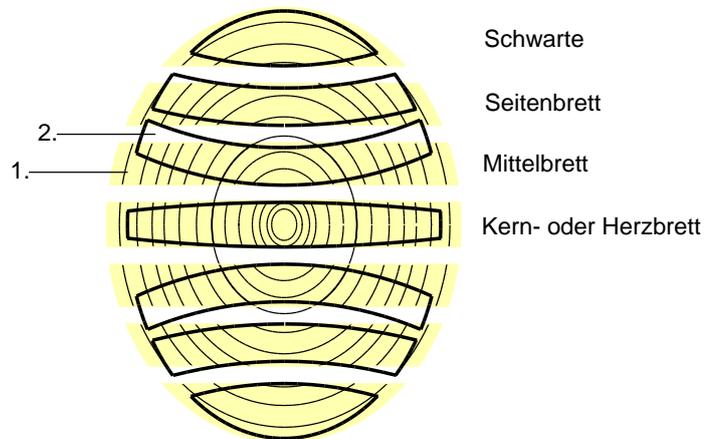
Rüster	0,20	0,23	1,2
--------	------	------	-----

Durch das Quell- und Schwindverhalten ändert sich nicht nur das Volumen des Holzes, sondern auch seine Form. Das Verhältnis von tangentialem zu radialem Schwind (als Anisotropie bezeichnet) beeinflusst die Formänderung von Querschnitten und somit auch das Stehvermögen des Holzes. Neben der Formänderung zeigen sich im Holzquerschnitt auch häufig Risse auf Grund des anisotropen Schwindverhaltens des Holzes.



Anisotropie und Querschnittsänderung des Holzes

"Werfen" des Holzes durch Schwinden



- 1. Holz frisch eingeschnitten
- 2. Holz getrocknet und geworfen

Abbildung 9: Anisotropie und Querschnittänderung des Holzes

2 Modul 2 LSK 2: „Beurteilung bauphysikalischer Vorgänge“ (schwerpunktübergreifend)

2.1 Wärmeschutz von Steil- und Flachdächern

2.1.1 Baukonstruktive Ausführungen

Das Dach eines Gebäudes muss in erster Linie Gebäude vor äußeren witterungsbedingten Einflüssen schützen. Insbesondere der Wärmeschutz spielt bei Dächern wegen ihrer großen Fläche eine zentrale Rolle.

Nach Gebäudeenergiegesetz – GEG (bei Änderung von Bauteilen) sollen Dächer einen U-Wert von $UD = 0,20 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ($UD = 0,24 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nicht überschreiten. Der Klammerwert gilt für Steildächer.

Bei Altbauten stellt sich häufig die Frage nach einer Aufstockung der Dämmung im Dachbereich. Prinzipiell gibt es hier drei Lösungen:

Aufsparrendämmung

Hier werden auf die Sparren spezielle Dämmplatten aufgebracht. Gegebenenfalls schon vorhandene Dämmung verbleibt zwischen den Sparren und wird somit ergänzt. Nachteilig wirkt sich der hohe Konstruktionsaufbau (Dachfenster und Dachrinnen müssen bei Altbauten angehoben werden) aus. Bei Altbauten muss die Dachdeckung abgenommen werden.

Alternativ können so die Sparren von unten aber auch sichtbar bleiben.

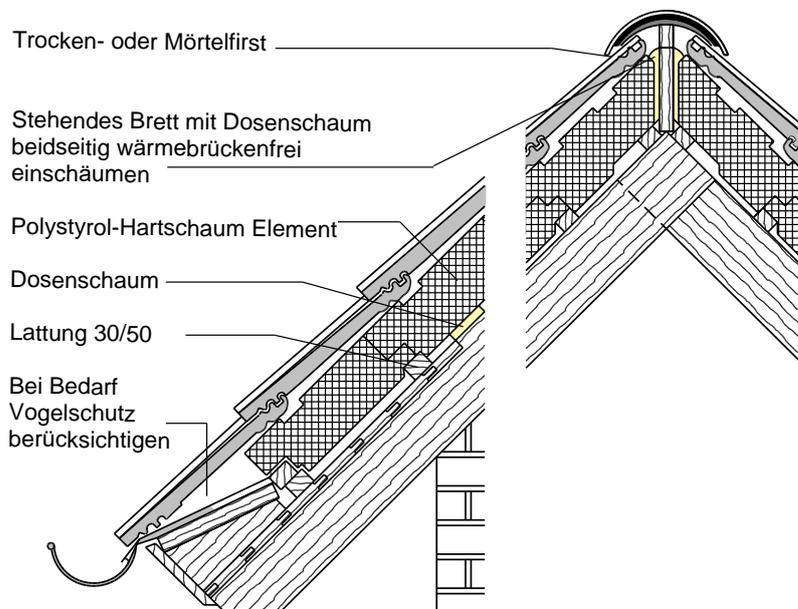


Abbildung 10: First- und Traufenausbildung (Querschnitt)

Dämmung zwischen den Sparren

Diese Lösung bietet sich immer dann an, wenn die Sparrenzwischenräume von unten erreichbar sind. In Neubauten ist dies die Regellösung.

Man unterscheidet die Vollsparrendämmung (Dämmhöhe = Sparrenhöhe) und die Kaltdachkonstruktion. Bei Letzterer sollen mindestens 2 cm zwischen der Oberkante der Dämmung und einer Unterspannbahn frei bleiben. In diesem Zwischenraum soll Feuchtigkeit, die von innen durch die Dämmung diffundiert ist, abgetragen werden.

Untersparrendämmung

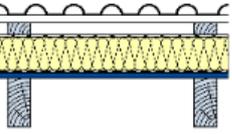
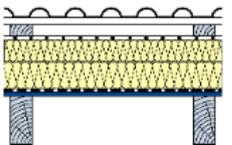
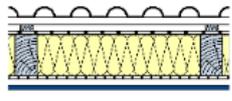
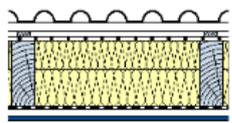
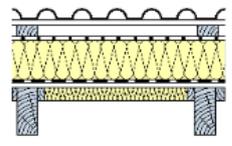
Die Untersparrendämmung wird als zusätzliche Lösung mit vertretbarem Aufwand in Altbauten häufig angewandt.

Alle Aufstockungen bringen jedoch auch ein höheres Gewicht auf die Sparren. Die Möglichkeiten der Aufnahme dieser Zusatzlasten müssen im Vorfeld mit einem Statiker geklärt werden!

Nachfolgend sind beispielhaft einige mögliche Dachaufbauten aufgeführt.

Konstruktionen nach DIN 4108

Tabelle 4: Dachaufbauten entsprechend der DIN 4108

Konstruktion	Aufbau	U-Wert [W / (m ² K)]
	Altbau Reine Aufsparrendämmung Dämmstoffdicke 120 mm aus Mineralwolle (040) diffusionsoffene Unterspannbahn	0,30
	Neubau Reine Aufsparrendämmung Dämmstoffdicke 180 mm aus Mineralwolle (040) diffusionsoffene Unterspannbahn	0,21
	Altbau Reine Zwischensparrendämmung Dämmstoffdicke 160 mm aus Mineralwolle (040) diffusionsoffene Unterspannbahn	0,30
	Neubau Reine Zwischensparrendämmung Dämmstoffdicke 220 mm aus Mineralwolle (040) diffusionsoffene Unterspannbahn	0,22
	Neubau Auf- und Zwischensparrendämmung bei sichtbaren Sparren. Dämmstoffdicke 50 mm zwischen (035) und 160 mm auf den Sparren (040) diffusionsoffene Unterspannbahn	0,18

2.1.2 Bauphysikalische Anforderungen und Nachweise

Beispielhafte Konstruktionen für Bauteile mit inhomogenen Schichten sind übliche Dachkonstruktionen in Holzbauweise. Sie bestehen abwechselnd aus Sparren und Gefachen. Inhomogenen Schichten sind dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Bauteilschichten in einer oder zwei Raumrichtungen (jeweils in Bauteilebene) nicht gleich aufgebaut sind, sondern unterschiedliche thermische Eigenschaften aufweisen.

Bauteile mit inhomogenen Schichten

Die Berechnung des Wärmedurchgangswiderstandes eines Bauteils, das aus thermisch inhomogenen Schichten parallel zur Oberfläche besteht, ist nach DIN EN ISO 6946 Abschn. 6.2 mit einer Grenzwert- und Fehlerbetrachtung und damit mit einem hohem Rechenaufwand durchzuführen.

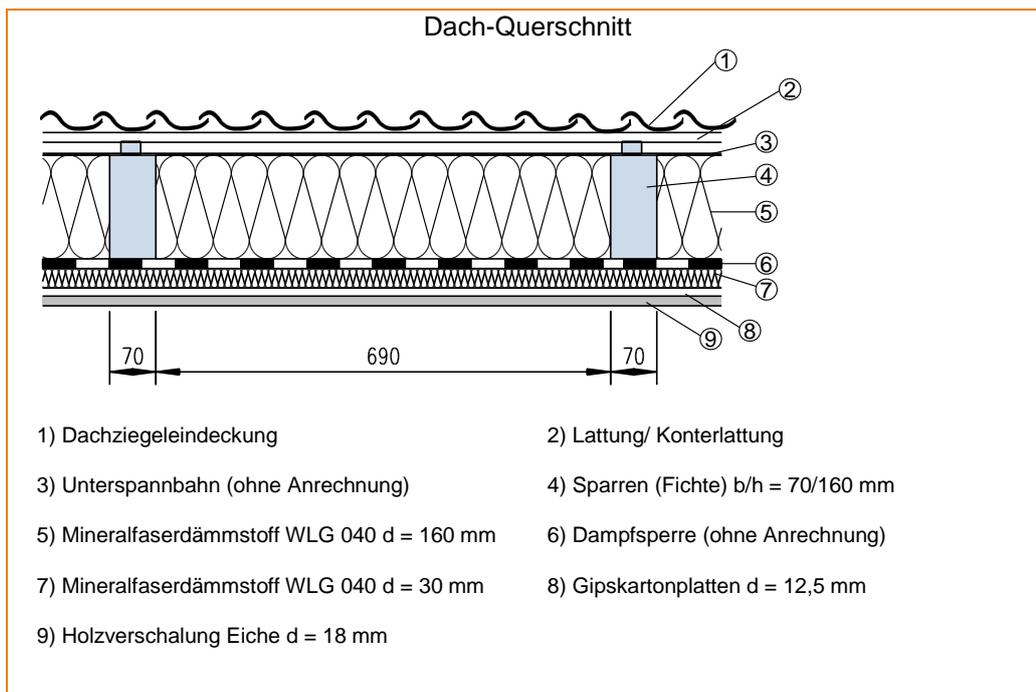
Solche Fälle ergeben sich z.B. bei Steildächern oder Holzständerwänden, bei denen neben dem Holzquerschnitt (Sparren, Stütze) Dämmungen anderer Höhe bzw. mit anderer Wärmeleitfähigkeit liegen können.

Vereinfacht kann der Wärmedurchgangswiderstand bzw. der Wärmedurchlasswiderstand auch zunächst für jede Teilschicht, d.h. z.B. für den Sparren und Gefachbereich, unter Annahme einer homogenen Schicht, einzeln durchgeführt werden. Danach wird der Wärmedurchgangswiderstand des Daches anteilig des Flächenanteiles zusammengesetzt.

$$R_{T(\text{Dach})} = (A_{\text{Sparren}}/A_{\text{Dach}}) \cdot R_{T(\text{Sparren})} + (A_{\text{Gefach}}/A_{\text{Dach}}) \cdot R_{T(\text{Gefach})}$$

Lehrbeispiel

Für das Steildach (45°) eines Wohngebäudes sind im Rahmen des Wärmeschutzes die Nachweise nach DIN 4108-2 und dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) zu führen.



1. Bestimmen Sie den mittleren Wärmedurchlasswiderstand des Sparrendaches und weisen Sie nach, ob die Gesamtkonstruktion den Anforderungen der DIN 4108 entspricht!
2. Bestimmen Sie für den Nachweis nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten des Sparrendaches!
3. Ermitteln Sie den Wärmedurchlasswiderstand sowie den Wärmedurchgangskoeffizienten für die beiden verschiedenen Bereiche mithilfe der Formularvorlagen!

Lösung 1.

Wenn bei einem Steildach mit Ziegeleindeckung für den Bereich (Spalt) zwischen der Unterspannbahn und der Eindeckung nach den Regeln des Dachdeckerhandwerkes eine geplante Lüftung vorgesehen ist, liegt in diesem Bereich eine laminare Strömung vor. Daher muss nach ISO 6946 für die Ermittlung der Wärmeübergangswiderstände diese Luftschicht als stark belüftet betrachtet werden, sodass auch hier $R_{si} = R_{se} = 0,10 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ anzunehmen ist.

Weiterhin sind daher bei der Ermittlung des Wärmedurchlasswiderstandes bzw. des Wärmedurchgangskoeffizienten auch nur die Schichten bis zur Unterspannbahn anzusetzen.

Wärmedurchlasswiderstand

Gefachbereich

$$\text{vorh } R = R_{\text{Holzverschalung}} + R_{\text{Gipskartonplatte}} + R_{\text{Dämmung}} + R_{\text{Dämmung}}$$

$$\text{vorh.} R = \frac{0,018}{0,2} + \frac{0,0125}{0,25} + \frac{0,03}{0,04} + \frac{0,16}{0,04} = 4,89 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$$

Für den Gefachbereich ist nach DIN 4108-2 der erf. Wärmedurchlasswiderstand für Rahmen und Skelettbauarten von erf. $R \geq 1,75 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$ einzuhalten.

$$\text{vorh. } R = 4,89 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W} > \text{erf. } R \text{ Nachweis erfüllt!}$$

Sparrenbereich

$$\text{vorh } R = R_{\text{Holzverschalung}} + R_{\text{Gipskartonplatte}} + R_{\text{Dämmung}} + R_{\text{Sparren}}$$

$$\text{vorh.} R = \frac{0,018}{0,2} + \frac{0,0125}{0,25} + \frac{0,03}{0,04} + \frac{0,16}{0,13} = 2,121 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$$

Der Sparrenbereich (Rahmenanteil) braucht nicht einzeln betrachtet zu werden. Für die Gesamtkonstruktion (Gefachbereich und Sparrenbereich) ist aber nachzuweisen, dass der Mittelwert der Konstruktion $\text{vorh. } R_m \geq \text{erf. } R_m = 1,0 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$ ist.

Der Mittelwert vorh. R_m kann vereinfacht über die jeweilige anteilige Fläche bestimmt werden. Bei einem Dach, das in Längsrichtung den gleichen Aufbau aufweist, genügt auch die Ermittlung über die jeweilige anteilige Länge (im Querschnitt) der einzelnen Bereiche.

$$R_{(\text{Dach})} = \frac{A_{(\text{Sparren})}}{A_{(\text{Dach})}} \cdot R_{(\text{Sparren})} + \frac{A_{(\text{Gefach})}}{A_{(\text{Dach})}} \cdot R_{(\text{Gefach})}$$

$$R_{(\text{Dach})} = \frac{b_{(\text{Sparren})}}{b_{(\text{Sparren})} + b_{(\text{Gefach})}} \cdot R_{(\text{Sparren})} + \frac{b_{(\text{Gefach})}}{b_{(\text{Sparren})} + b_{(\text{Gefach})}} \cdot R_{(\text{Gefach})}$$

$$R_{m,(\text{Dach})} = \frac{7 \text{ cm}}{7 \text{ cm} + 69 \text{ cm}} \cdot 2,121 + \frac{69 \text{ cm}}{7 \text{ cm} + 69 \text{ cm}} \cdot 4,89 \quad \underline{4,635 (\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W} > 1,0 (\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}}$$

Lösung 2.

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmeübergangswiderstände (Belüftetes Dach $\alpha = 45^\circ < 60^\circ$)

$$R_{si} = R_{se} = 0,10$$

$$U_{\text{Gefach}} = \frac{1}{0,10 + 4,89 + 0,10} = 0,197 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$U_{\text{Sparren}} = \frac{1}{0,10 + 2,121 + 0,10} = 0,431 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$U_m = 0,908 \cdot 0,197 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) + 0,0920 \cdot 0,431 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) = 0,22 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Lösung 3.

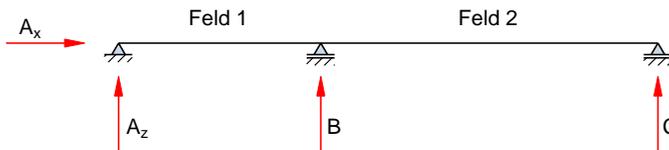
Berechnung des U-Wertes nach DIN EN ISO 6946					
Objekt:					
Bauteil: Steildach - Sparrenbereich					
1. Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes R					
1	2	3	4	5	6
Baustoffschichten von innen nach außen	Rohdichte ρ	Schichtdicke d	Flächengewicht	Wärmeleitfähigkeit λ_R	Wärmedurchlasswiderstand
	kg/m ³	m	kg/m ²	W/(mK)	(m ² · K) / W
1. Holzverschalung (Eiche)	800	0,0180	14,40	0,20	0,090
2. Gipskartonplatte	900	0,0125	11,25	0,25	0,050
3. Untersparrendämmung	20	0,030	--	0,04	0,750
4. Sparren	600	0,160	--	0,13	1,231
5.					
6.					
7.					
$m' =$			25,65	ges. R =	2,121
erf. R nach DIN 4108, Teil 2, Abschn. 5.2.2 für leichte Bauteile ($m' < 100 \text{ kg/m}^2$) und Gefache					(m ² · K) / W
erf. R nach DIN 4108, Teil 2, Tab 3 für Bauteile mit $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$					(m ² · K) / W
2. Wärmeübergangswiderstände nach DIN EN ISO 6946					
Bauteile			R_{si}	R_{se}	
			(m ² · K) / W	(m ² · K) / W	
Belüftete Wand, Steildach > 60°			0,13		0,13
Nicht-Belüftete Wand, Steildach > 60°					0,04
Wohnungstrennwand, Treppenhauswand					0,13
Wand an Erdreich angrenzend					0
Boden an Erdreich angrenzend			0,17		0
Kellerdecke					0,17
Durchfahrt, auskragende Decke					0,04
Belüftetes Dach $\leq 60^\circ$ oder Decke			0,10		0,10
Nicht-Belüftetes Dach $\leq 60^\circ$					0,04
3. Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten, des U-Wertes					
R_{si}	0,10	(m ² · K) / W			
+ R_{se}	0,10	(m ² · K) / W			
+ R	2,121	(m ² · K) / W			
= R_T	2,321	(m ² · K) / W			
$U = \frac{1}{R_T} =$				0,431 W / (m ² · K)	

3 Modul 3 LSK 4: „Baustatik und Festigkeitslehre“ (schwerpunktübergreifend)

3.1 Statisch unbestimmte Systeme

3.1.1 Zweifeldträger mit gleichen und ungleichen Stützweiten

Ein Zweifeldträger ist ein Durchlaufträger über zwei Felder. Die vier unbekanntes Auflagerkräfte lassen sich nicht mithilfe der drei Gleichgewichtsbedingungen bestimmen, da ein Zweifeldträger **einfach statisch unbestimmt** ist.



$n = \text{Anzahl der Felder} - 1 = 2 - 1 = 1 \Rightarrow 1\text{fach statisch unbestimmt}$

Abbildung 11: Zweifeldträger; Grad der statischen Unbestimmtheit n

Es wird vorausgesetzt, dass die Biegesteifigkeit ($E \cdot I$) über die Trägerlänge konstant ist. Qualitativ sehen die Querkraft- und die Momentenlinie eines Zweifeldträgers bei Belastung durch eine konstante Streckenlast Folgendermaßen aus:

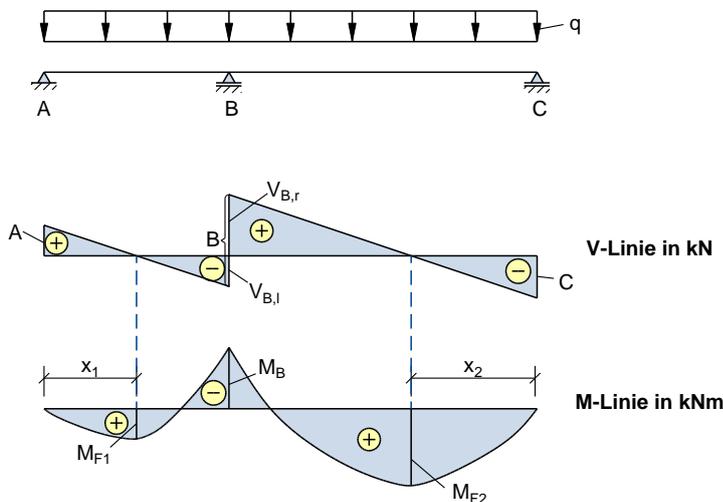
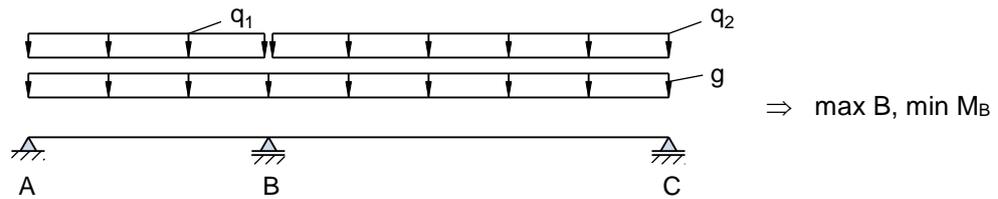


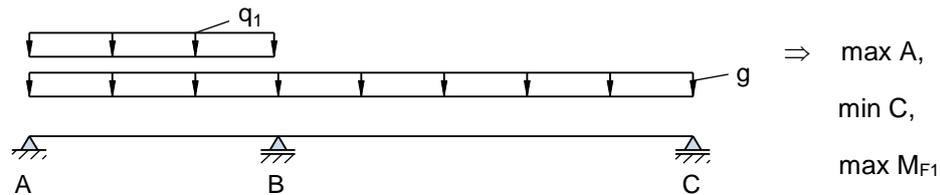
Abbildung 12: Qualitative Querkraft- und Momentenlinie

Setzt sich die Gesamtbelastung p eines Zweifeldträgers aus einem **ständigen Anteil g** und einem **nicht ständigen bzw. veränderlichem Anteil q** zusammen, so müssen vier Lastfälle untersucht werden, um die maßgebenden Auflagerkräfte und Schnittgrößen zu bestimmen. Dieses ist notwendig, weil sich, ähnlich wie bei den Kragträgern, Grenzwerte der Auflagerkräfte und Schnittgrößen nicht nur bei Volllast, sondern auch bei nur feldweise vorhandener nicht ständiger Last ergeben. Erwähnt sei noch, dass das betragsmäßig größte Stützmoment mit $\min M_B$ bezeichnet wird, da es negativ ist. Ergeben sich für die minimalen Auflagerkräfte negative Werte, muss der Träger an der Unterkonstruktion entsprechend verankert werden.

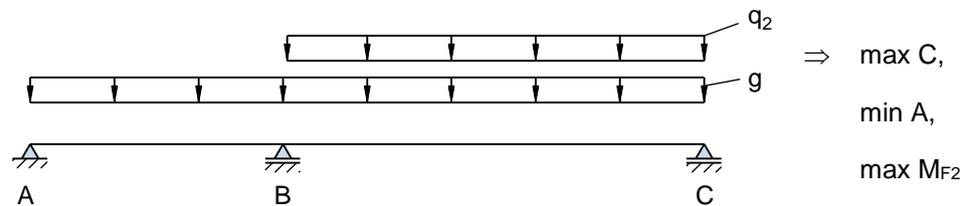
Lastfall 1



Lastfall 2



Lastfall 3



Lastfall 4

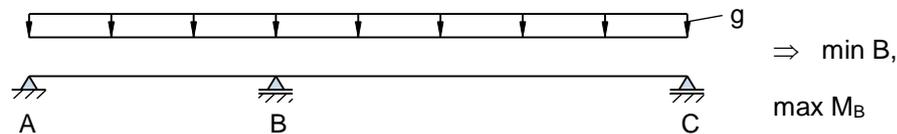


Abbildung 13: Maßgebende Lastfälle für einen Zweifeldträger

Die Ermittlung der für die Bemessung der Tragwerke aus Holz maßgebenden Schnittgrößen sind wie bei Einfeldträgern in der Grundkombination bzw. der vereinfachten Kombination durchzuführen. Die Betrachtung der feldweise unterschiedlich möglichen Lastanordnungen – Lastfälle - für einen Zweifeldträger zur Ermittlung der maßgebenden Schnittkräfte sind auch unter dem Aspekt der ungünstigen bzw. günstigen Auswirkung der am System auftretenden Einwirkungen zu bewerten.

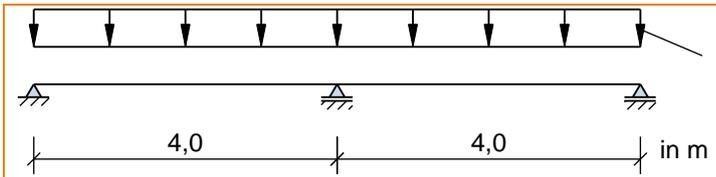
In den für die Bemessung maßgebenden Lastfällen sind diejenigen unabhängigen ständigen Einwirkungen, die ungünstige Auswirkungen erzeugen, durch ihre oberen Bemessungswerte, $G_{d,sup,j} = \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,j}$ zu berücksichtigen. Unabhängige ständige Einwirkungen, die günstige Auswirkungen erzeugen, sind durch ihren unteren Bemessungswert $G_{d,inf,j} = \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,j}$ zu berücksichtigen.

Wenn die Ergebnisse eines Nachweises sehr empfindlich gegenüber Änderungen der Größe der ständigen Last auf einem Tragwerk sein können, müssen die ungünstig und die günstig wirkenden Anteile dieser Einwirkungen getrennt als unabhängige Einwirkungen betrachtet werden. Dies trifft insbesondere beim Nachweis der Lagersicherheit zu.

Lehrbeispiel

Zweifeldträger mit gleichen Stützweiten und unterschiedlichen Belastungen

Zeichnen Sie für den unten dargestellten Zweifeldträger die Querkraft- und Momentenlinie für jeden Lastfall und geben Sie dann die Grenzwerte der Auflagerkräfte und Schnittgrößen an!



$$\begin{aligned}
 p &= g + q \\
 &= 8 \text{ kN/m} + 4 \text{ kN/m} \\
 &= 12 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Lösung

Lastfall 1

$\Rightarrow \text{max B, min } M_B$

Lastfall 2

$\Rightarrow \text{max A, min C, max } M_{F1}$

Lastfall 3 = Lastfall 2 gespiegelt

Lastfall 4

$\Rightarrow g = 2/3p$

$\Rightarrow \text{min B} = 2/3 \cdot \text{max B}$

$\text{max } M_B = 2/3 \cdot \text{min } M_B$

Mithilfe des Tabellenbuchs Bautechnik (Tabelle „Zweifeldträger“ aus Kapitel „3.3 Statische Systeme“) werden nun die gesuchten Kräfte und Momente bestimmt.

Es gilt das Superpositionsprinzip, sodass die Auflagerkräfte und Schnittgrößen für einen aus verschiedenen Belastungen zusammengesetzten Lastfall, die Summe der Auflagerkräfte und Schnittgrößen für die einzelnen Belastungen sind. Nicht tabellierte Größen lassen sich mithilfe der Gleichgewichtsbedingungen bestimmen.

Lastfall 1

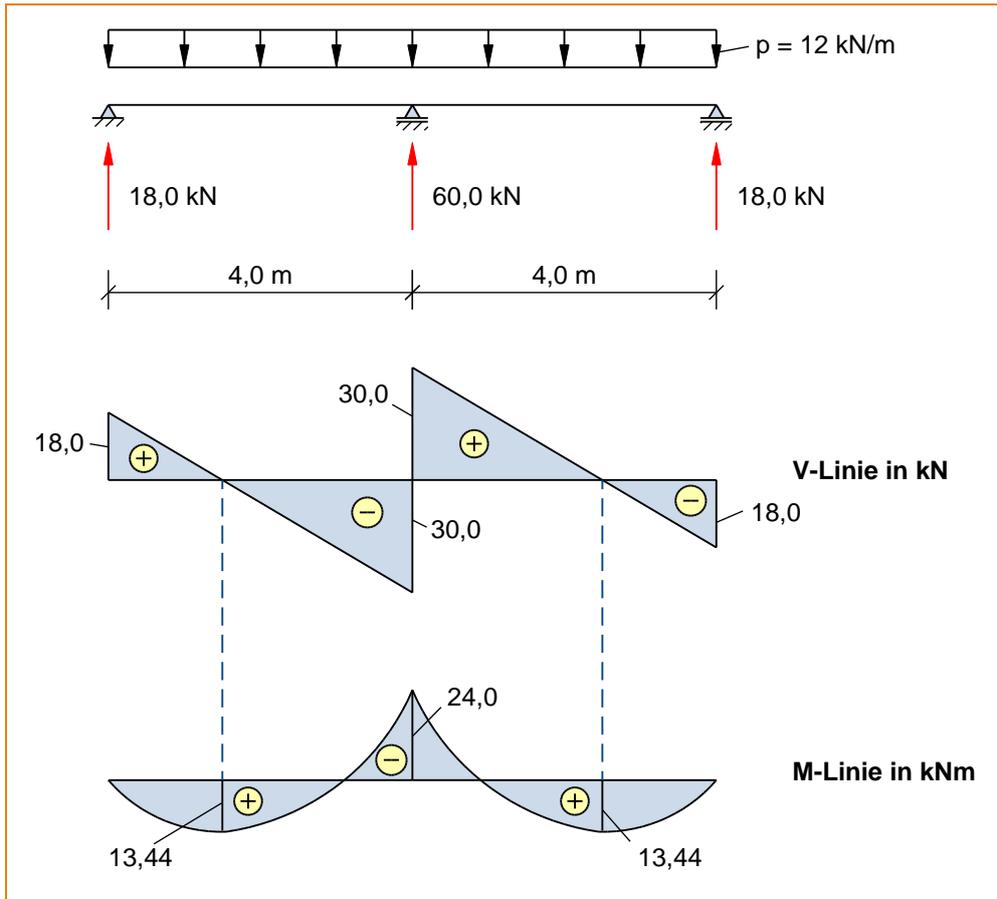
$$A = C = 0,375 \cdot (g + q) \cdot l = 0,375 \cdot 12 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} = 18 \text{ kN}$$

$$B = 1,25 \cdot (g + q) \cdot l = 1,25 \cdot 12 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} = 60 \text{ kN}$$

$$V_{Bl} = -0,625 \cdot (g + q) \cdot l = -0,625 \cdot 12 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} = -30 \text{ kN}$$

$$M_{F1} = M_{F2} = 0,070 \cdot (g + q) \cdot l^2 = 0,070 \cdot 12 \text{ kN/m} \cdot 4^2 \text{ m}^2 = 13,44 \text{ kNm}$$

$$M_B = -0,125 \cdot (g + q) \cdot l^2 = -0,125 \cdot 12 \text{ kN/m} \cdot 4^2 \text{ m}^2 = -24,0 \text{ kNm}$$



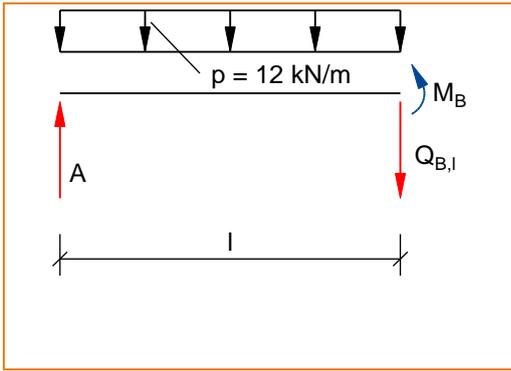
Lastfall 2

$$A = 0,375 \cdot g \cdot l + 0,438 \cdot q \cdot l = 0,375 \cdot 8 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} + 0,438 \cdot 4 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} = 19,0 \text{ kN}$$

$$C = 0,375 \cdot g \cdot l - 0,063 \cdot q \cdot l = 0,375 \cdot 8 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} - 0,063 \cdot 4 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} = 11,0 \text{ kN}$$

$$M_1 = 0,070 \cdot g \cdot l^2 + 0,096 \cdot q \cdot l^2 = 0,070 \cdot 8 \text{ kN/m} \cdot 4^2 \text{ m}^2 + 0,096 \cdot 4 \text{ kN/m} \cdot 4^2 \text{ m}^2 = 15,10 \text{ kNm}$$

$$M_B = -0,125 \cdot g \cdot l^2 - 0,063 \cdot q \cdot l^2 = -0,125 \cdot 8 \text{ kN/m} \cdot 4^2 \text{ m}^2 - 0,063 \cdot 4 \text{ kN/m} \cdot 4^2 \text{ m}^2 = -20,0 \text{ kNm}$$

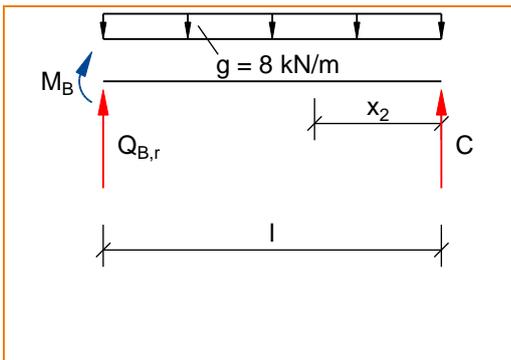


$$\sum F_z = 0: -A + p \cdot l + V_{B,l} = 0$$

$$V_{B,l} = A - p \cdot l = 19,0 \text{ kN} - 12 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} = -29,0 \text{ kN}$$

$$\sum F_z = 0: -V_{B,r} - C + g \cdot l = 0$$

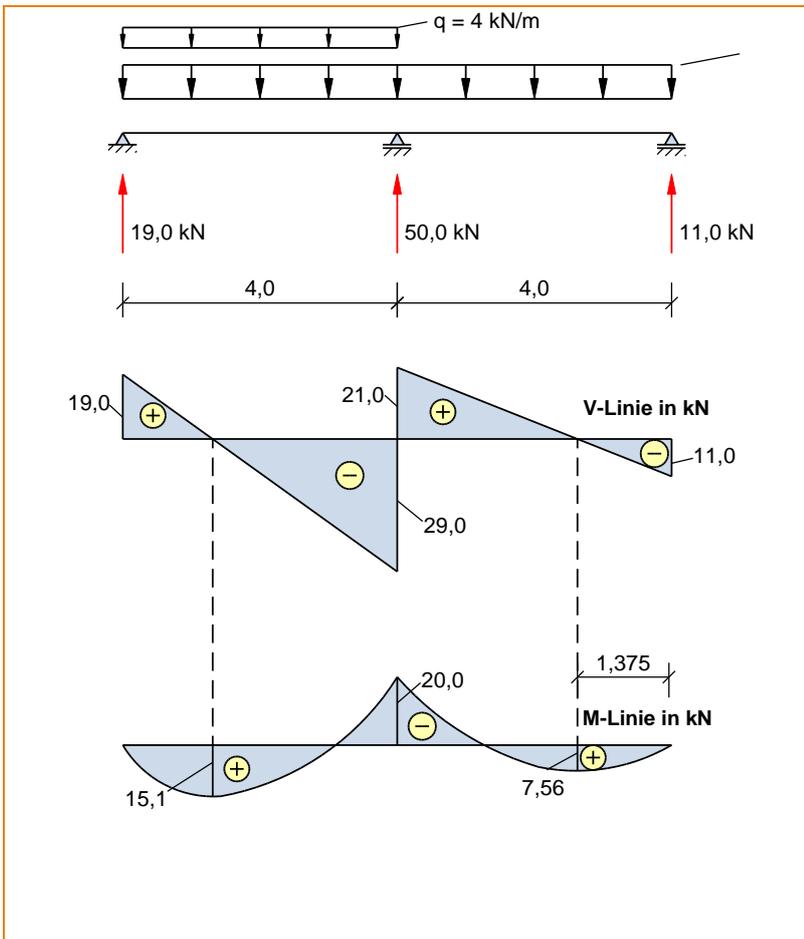
$$V_{B,r} = -11,0 \text{ kN} + 8 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} = 21,0 \text{ kN}$$



$$M_{F2}: x_2 = \frac{C}{g} = \frac{11,0 \text{ kN}}{8 \text{ kN/m}} = 1,375 \text{ m}$$

$$M_{F2} = x_2 \cdot C - g \cdot \frac{x_2^2}{2}$$

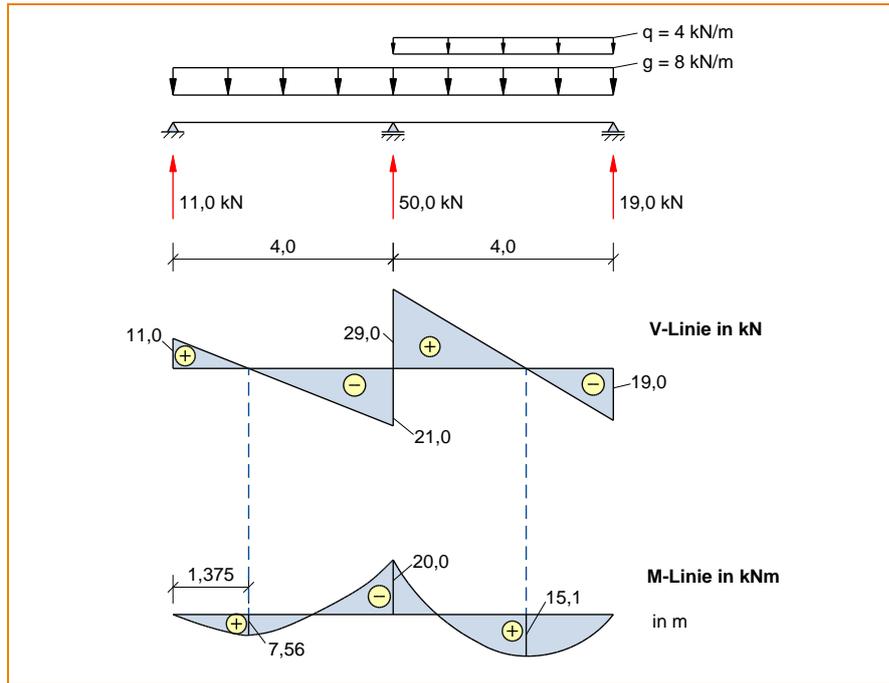
$$= 1,375 \text{ m} \cdot 11 \text{ kN} - 8 \text{ kN/m} \cdot \frac{1,375^2 \text{ m}^2}{2} = 7,56 \text{ kNm}$$



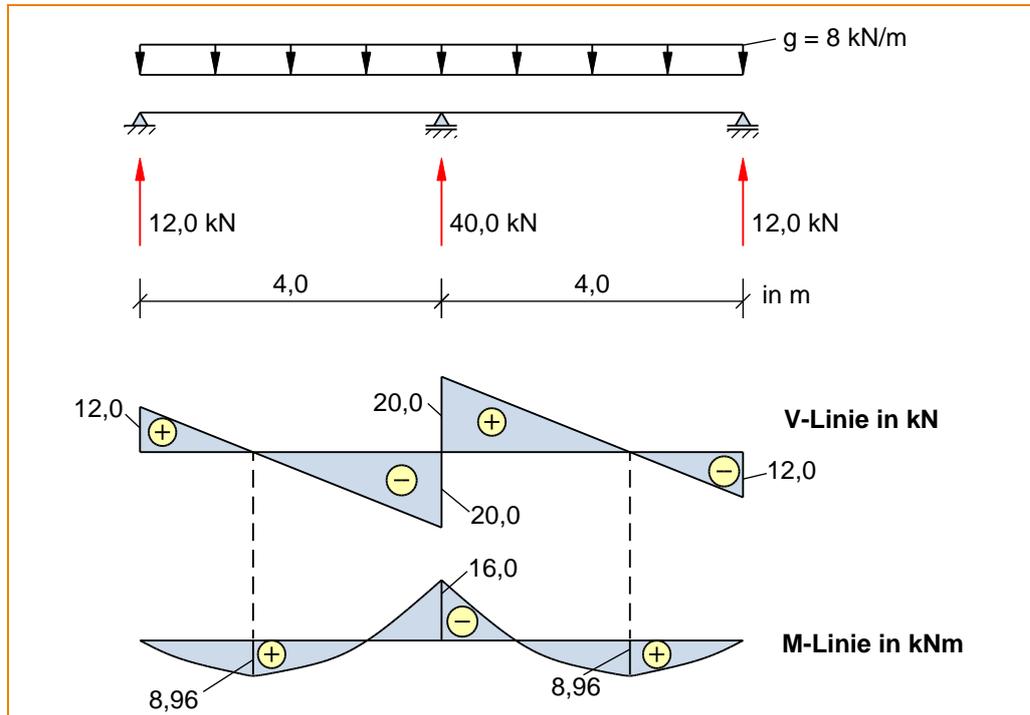
$g = 8 \text{ kN/m}$

$$B = V_{B,r} - V_{B,l} = 21,0 \text{ kN} - (-29,0 \text{ kN}) = 50,0 \text{ kN}$$

Lastfall 3



Lastfall 4



Grenzwerte:

	A kN	B kN	C kN	M_{F1} kNm	M_{F2} kNm	$-M_B$ kNm
LF 1	18	60	18	13,44	13,44	24

LF 2	19	50	11	15,10	7,56	20
LF 3	11	50	19	7,56	15,10	20
LF 4	12	40	12	8,96	8,96	16

= min = max

3.2 Erddruckarten und Erddruckermittlung

Erddruckberechnungen werden gemäß DIN 4085 unter Beachtung von DIN EN 1997-1 durchgeführt. Dabei wird zwischen verschiedenen Erddrücken unterschieden:

Aktiver Erddruck

Bewegt sich eine Wand vom Erdreich weg und bildet sich hinter der Wand eine Bruchfläche aus, so verringert sich der Druck auf die Wand und erreicht bei einem bestimmten Bewegungsmaß ein Minimum = aktiver Erddruck E_a .

Passiver Erddruck (Erdwiderstand)

Wird die Wand gegen das Erdreich bewegt, so steigert sich der Druck bis zu einem Höchstwert, der auch bei weiterer Bewegung nicht überschritten wird = Erdwiderstand oder passiver Erddruck E_p .

Erdruhedruck

Der Erddruck auf die nicht bewegte Wand wird als Erdruhedruck E_0 bezeichnet.

Erhöhter Erddruck

Als erhöhter Erddruck wird ein Erddruck bezeichnet, der wegen nicht ausreichender Wandbewegung größer als der aktive Erddruck, aber kleiner als der Erdruhedruck ist. $(0,50 \times E_a + 0,50 \times E_0)$

Verdichtungserddruck

Der Verdichtungserddruck E_v entsteht bei einer lagenweisen Bodenverdichtung hinter einem Bauwerk.

Zum Ansatz des aktiven Erdzustands bzw. Auslösen des passiven Erddrucks ist eine Bewegung der Wand entsprechend folgenden Tabellen erforderlich. Voraussetzung für die Aktivierung des passiven Erddrucks ist eine Verdichtung des Bodens. Alle Tabellenwerte gelten für einen Wandneigungswinkel $\alpha = 0^\circ$ und Geländeneigungswinkel

$\beta = 0^\circ$ (vgl. Abbildung 20).

Gemäß der DIN 4085 erfordert der Ansatz des aktiven Erddrucks bei mitteldicht - dicht gelagerten nichtbindigen und steifen - halbfesten bindigen Böden bei einer Drehung um den Fußpunkt ein Bewegungsmaß von ca. $1/400$ der Wandhöhe h und bei einer Drehung um den Kopfpunkt ca. $1/2000$ h . Bei einer Parallelverschiebung genügt eine Verschiebungsbewegung von ca. $1/2000$ h .

Die zum Auslösen des passiven Erddrucks erforderliche Wandbewegung ist erheblich größer. Sie beträgt gemäß DIN 4085 für eine 50 % Bruchlast ca. 0,5-2,5 % der Wandhöhe h . Auch eine Bemessung auf Erdruhedruck schließt gewisse Wandbewegungen nicht aus. Selbst bei als starr angesehenen Konstruktionen und Gründungen ist mit Bewegungen in der Größenordnung zwischen $1/10000$ - $1/30000$ der Wandhöhe h zu rechnen.

Tabelle 5: Erforderliche Wandbewegung für den Ansatz des aktiven Erdzustands

Wandbewegung	Lockere Lagerung s_a/h	Dichte Lagerung s_a/h
Drehung um den Wandfuß	0,004 bis 0,005	0,001 bis 0,002
Parallele Bewegung	0,002	0,0005 bis 0,001
Drehung um den Wandkopf	0,008 bis 0,01	0,002 bis 0,005
Durchbiegung	0,004 bis 0,005	0,001 bis 0,002
s_a : erforderliche Wandbewegung, h: Wandhöhe		

Tabelle 6: Erforderliche Wandbewegung für das Auslösen des passiven Erdzustands

Wandbewegung	s_p/h
Drehung um den Wandfuß	$-0,08 \cdot D + 0,12$
Parallele Bewegung	$-0,08 \cdot D + 0,12$
Drehung um den Wandkopf	$-0,05 \cdot D + 0,09$
Die Gleichung liefert Mittelwerte mit einer Streuung von $\pm 20\%$	
s_a : erforderliche Wandbewegung, h: Wandhöhe, D: Lagerungsdichte	

Die Wahl des richtigen Erddruckansatzes spielt eine entscheidende Rolle bei der Durchführung von Erddruckermittlungen. Bei Bauwerken in offener Baugrube mit Arbeitsraum sind die Voraussetzungen für das Auftreten des aktiven Erddrucks streng genommen nur gegeben, wenn bei der Hinterfüllung kein Verdichtungsdruck auftritt oder dieser durch nachfolgende Bewegungen des Bauwerkes oder andere Bauvorgänge (z.B. Ziehen des Baugrubenverbaus, etc.) wieder abgebaut wird. Reichen die zu erwartenden Bewegungen einer Wand voraussichtlich nicht aus, um den Grenzzustand des aktiven Erddrucks auszulösen, oder werden sie bewusst eingeschränkt, so ist zur Bemessung der Wand ein erhöhter Erddruck anzusetzen.

Der Erdruhedruck ist bei sehr biegesteifen Bauwerken anzusetzen, deren Verbindung mit dem Untergrund oder dem Gesamtbauwerk so stark ist, dass keine merkbare Bewegung in Erddruckrichtung auftreten kann. Er ist auch anzusetzen, wenn starre und unverschiebliche Bauteile unter guter Verdichtung hinterfüllt werden. Bei starker Verdichtung kann der Verdichtungsdruck sogar den Erdruhedruck übersteigen.

Beispiele für Bauwerke und den jeweiligen Erddruckansatz sind den nachfolgenden Abbildungen zu entnehmen.

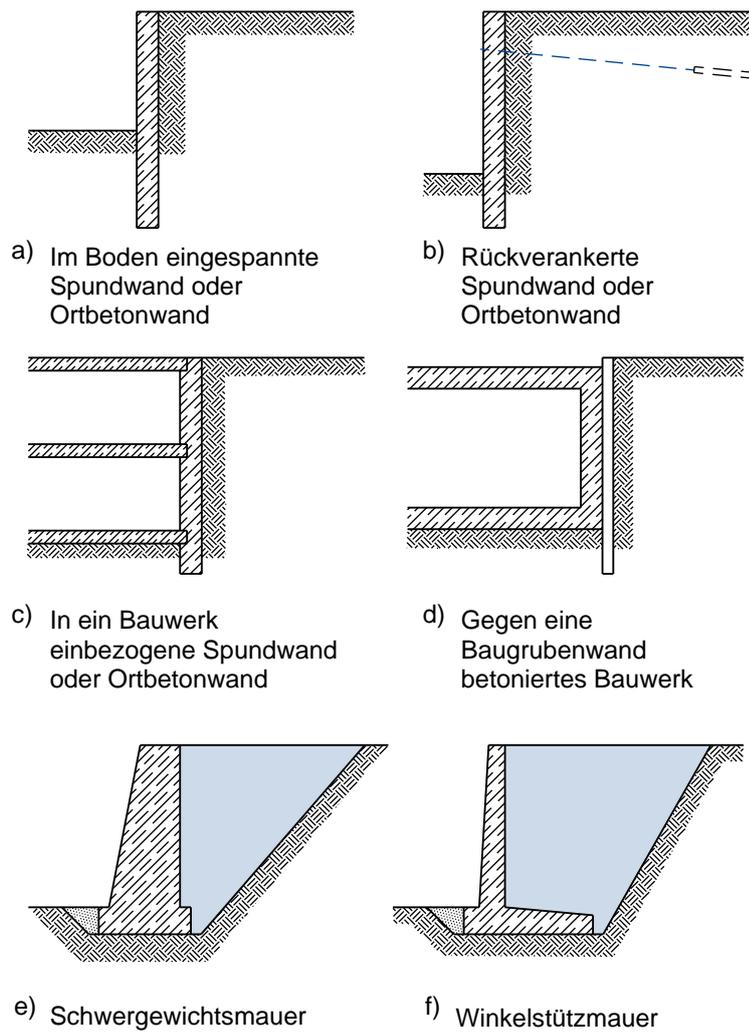


Abbildung 14: Für aktiven Erddruck zu bemessende Bauwerke

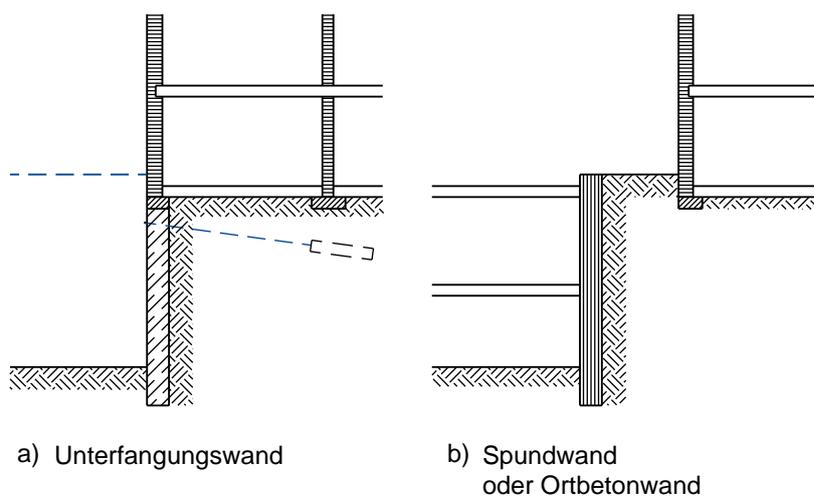


Abbildung 15: Für den erhöhten Erddruck zu bemessende Bauwerke

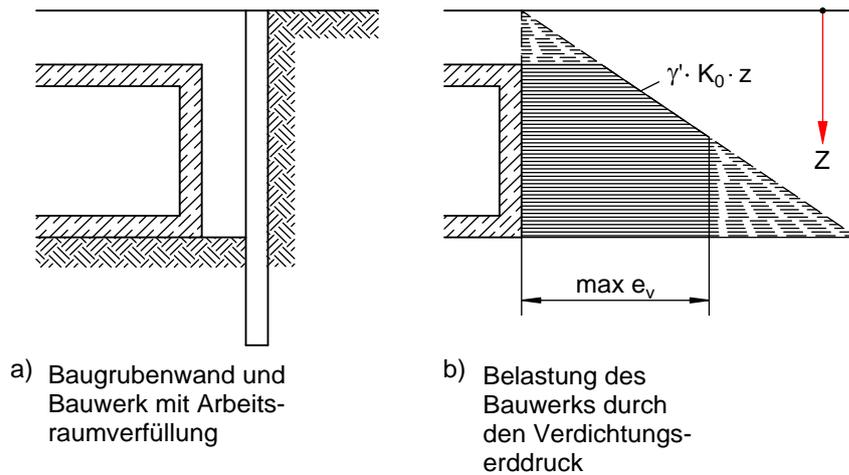


Abbildung 16: Für Verdichtungs-erddruck zu bemessende Bauwerke

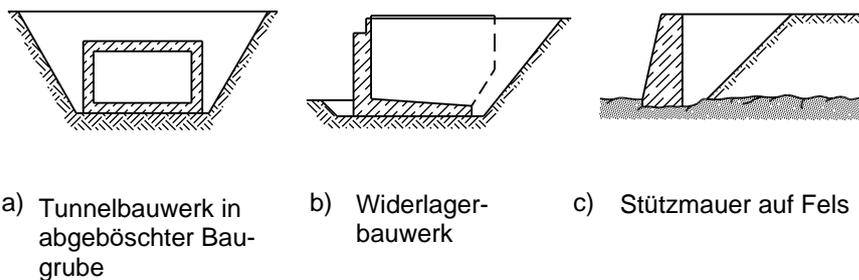


Abbildung 17: Für den Erdruehdruck zu bemessende Bauwerke

Den Erddruck beeinflussen folgende Parameter:

Art und Abmessungen der Konstruktion, Auflasten

Wichte über Wasser γ bzw. unter Wasser γ'

charakteristischer Reibungswinkel ϕ'_k und Kohäsion c des Bodens

Reibungswinkel δ als Winkel zwischen der angreifenden Erddrucklast und der Flächennormalen auf die belastete Bauwerksfläche in Abhängigkeit von der Bruchfigur, der Rauigkeit der Wand, dem Hinterfüllungsmaterial und möglichen Bewegungen (Setzungen) der Wand (vgl. Tabelle 7 und Tabelle 9). In der Regel gilt für den Neigungswinkel des Erddrucks im aktiven Zustand $\delta \geq 0$ und im passiven Zustand $\delta \leq 0$ (vgl. Abbildung 18).

Wasserstände vor und hinter dem Bauwerk

Tabelle 7: Beschaffenheit der Wandfläche zum Baugrund

Wandbeschaffenheit	Beispiel
verzahnt	Stark aufgeraute Betonoberfläche
rau	Unbehandelte Oberfläche Beton, Stahl, Holz
wenig rau	Glatte Betonoberfläche, Kunststoff- und Dämmplatten
glatt	Schmierige Beschaffenheit, Abdichtung und Anstriche

Tabelle 8: Wandreibungswinkel nach DIN 4085

Wandbeschaffenheit	Ebene Gleitfläche	Gekrümmte Gleitfläche
verzahnt	$\delta_a = 2/3 \varphi'_k$	$\delta \leq \varphi'_k$
rau	$\delta_a = 2/3 \varphi'_k$	$27,5^\circ \geq \delta \leq \varphi'_k - 2,5^\circ$
wenig rau	$\delta_a = 1/3 \varphi'_k$	$\delta = 1/2 \varphi'_k$
glatt (Anstriche)	$\delta_a = 0$	$\delta = 0$

Tabelle 9: Neigungswinkel des Erddrucks δ

Spannungszustand	Neigungswinkel des Erddrucks δ
Aktiver Zustand	Abhängig von der Art der Wandbewegung
Ruhedruckzustand	Parallel zur Geländeoberfläche
Passiver Zustand	Abhängig vom Beanspruchungszustand (Gleichgewicht der Kräfte einhalten)

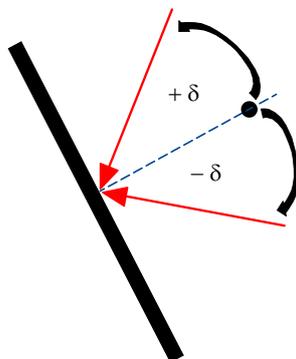


Abbildung 18: Vorzeichenregel für Neigungswinkel des Erddrucks δ

Bei der Ermittlung des Erddrucks sind hinsichtlich der Bodenkennwerte folgende Zusammenhänge zu beachten:

Eine höhere Wichte vergrößert den aktiven und passiven Erddruck.

Ein größerer Reibungswinkel und eine größere Kohäsion vermindern den aktiven und vergrößern den passiven Erddruck. Die Kohäsion kann bei einfachen Fällen vernachlässigt werden, was eine Vergrößerung des aktiven Erddrucks und eine Verringerung des Erdwiderstandes bewirkt. Die Ergebnisse liegen somit auf der sicheren Seite.

Bei Böden mit verschiedenen Scherfestigkeiten sind die ungünstigeren Werte anzusetzen. Desgleichen sind die Schicht- und sonstige Trennflächen, die als Gleitflächen wirken können, durch eine Herabsetzung der Scherfestigkeitswerte zu berücksichtigen.

Kohäsion darf nur angesetzt werden, wenn der Boden eine mindestens steife Konsistenz aufweist und gewährleistet ist, dass sich diese Zustandsform z.B. durch Wasserzutritt in Hanglagen nicht ungünstig verändern kann.

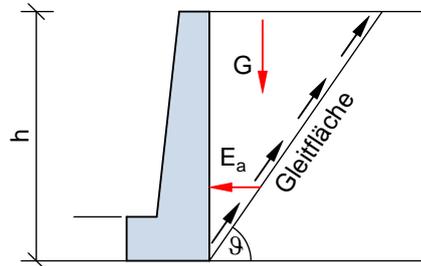


Abbildung 19: Annahmen für den einfachen Erddruckfall

Die Berechnung des Erddrucks erfolgt unter der Voraussetzung einer Wandbewegung und der Ausbildung einer Bruchfläche. Beim einfachen Fall sollte die Bruchfläche eben, die Rückseite der Wand lotrecht $\alpha = 0$, die Erdoberfläche waagrecht $\beta = 0$ und der Wandreibungswinkel $\delta = 0$ sein (vgl. Abbildung 20). Der Bruchwinkel ϑ (und zwar ϑ_{ag} für E_{ag} , ϑ_{pg} für E_{pg} , vgl. Abbildung 19) ist abhängig von der Scherfestigkeit des Bodens sowie der Geometrie der Wandflächen und des Geländes. Für den einfachen Fall gilt $\vartheta_{ag} = 45 + \varphi/2$ und $\vartheta_{pg} = 45 - \varphi/2$.

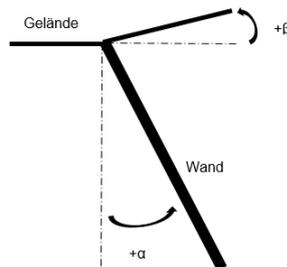


Abbildung 20: Übersicht Wandneigungswinkel α und Geländeneigungswinkel β

Entscheidend ist der Bruchwinkel beim Ansatz der maßgeblichen Scherparameter für Hinterfüllungen. Die Größe des Erddrucks ist abhängig von:

- der Eigenlast des Bruchkörpers bzw. Erddruck infolge Bodeneigenlast
- der Kohäsion
- möglichen Auflasten bzw. infolge einer unbegrenzten Streckenlast auf dem angrenzenden Gelände
- der Last aus Wasserdruck bzw. Grundwasser

Der Erddruck kann als Spannung (e) definiert werden oder als Lastresultierende (E). Unterschieden wird außerdem in eine Vertikal- und Horizontalkomponente. Für den einfachen Fall einer lotrechten Wand, waagerechten Erdoberfläche sowie einem ebenen Wandreibungswinkel ($\alpha = \beta = \delta = 0$) tritt nur eine Horizontalkomponente auf (vgl. Abbildung 21).

Die Verteilung des Erddrucks über die Wandhöhe ist im Idealfall dreiecksförmig, wobei die resultierende Kraft im Schwerpunkt des Dreiecks ($\approx 0,33 h$) angreift (vgl. Abbildung

21). Dies gilt streng genommen jedoch nur für eine Drehung der Wand um den Fußpunkt. In allen anderen Fällen stimmt zwar die Größenordnung des Erddrucks, es liegt aber keine geradlinige Verteilung mehr vor, sondern es treten Erddruckumlagerungen auf.

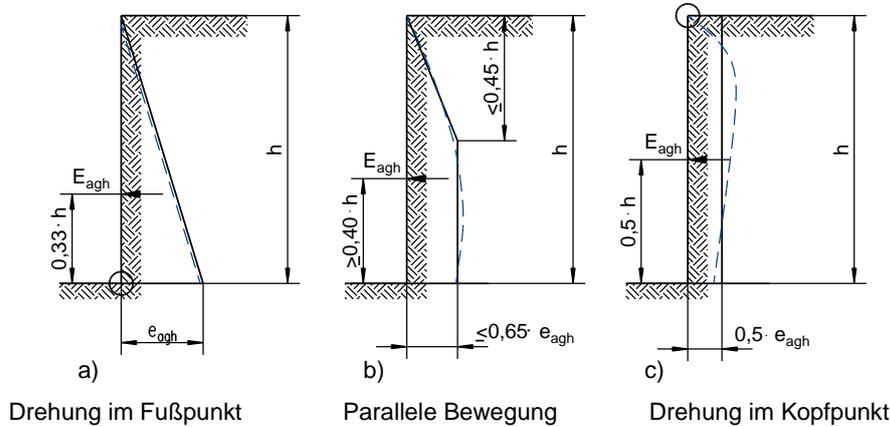


Abbildung 21: Erddruckverteilung bei verschiedenen Wandbewegungen (— rechnerische, - - - tatsächliche)

Der aktive und passive Erddruck ergeben sich aus den Einwirkungen infolge der Bodeneigenlast sowie ggf. der Kohäsion und einer Streckenlast auf dem Gelände.

Die resultierende Erddrucklast für den einfachen Fall einer lotrechten Wand, waagerechten Erdoberfläche sowie einem ebenen Wandreibungswinkel ($\alpha = \beta = \delta = 0$) ergibt sich zu:

AKTIVER ERDDRUCK

$$E_{ah} = E_{agh} - E_{ach} + E_{aph}$$

Infolge Bodeneigenlast:

$$e_{agh} = \gamma \cdot h \cdot K_{agh} \quad \text{Spannung}$$

$$E_{agh} = 1/2 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_{agh} \quad \text{Horizontalkomponente}$$

Mit K_{agh} siehe Tabelle 10.

Infolge Kohäsion:

$$e_{ach} = c \cdot K_{ach} \quad \text{Spannung}$$

$$E_{ach} = c \cdot h \cdot K_{ach} \quad \text{Horizontalkomponente}$$

Mit K_{ach} siehe Tabelle 10.

Infolge unbegrenzter Streckenlast:

$$e_{aph} = p \cdot K_{aph} \quad \text{Spannung}$$

$$E_{aph} = p \cdot h \cdot K_{aph} \quad \text{Horizontalkomponente}$$

Mit $K_{aph} = K_{agh}$ (für $\alpha = \beta = 0$) siehe Tabelle 10.

Unter Ansatz der Kohäsion ist zu beachten, dass der mind. anzusetzender Erddruck (Mindesterdruck) nicht unterschritten wird:

$$e_{\min} = \gamma \cdot z \cdot K_{\text{agh}}(\varphi = 40^\circ)$$

bzw.

$$e_{\min} = \gamma \cdot z \cdot 0,2 \quad (\text{für } \alpha = \beta = \delta = 0)$$

PASSIVER ERDDRUCK

$$E_{\text{ph}} = E_{\text{pgh}} + E_{\text{pch}} + E_{\text{pph}}$$

Infolge Bodeneigenlast:

$$e_{\text{pgh}} = \gamma \cdot h \cdot K_{\text{pgh}} \quad \text{Spannung}$$

$$E_{\text{pgh}} = 1/2 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_{\text{pgh}} \quad \text{Horizontalkomponente}$$

Mit K_{pgh} siehe Tabelle 11

Infolge Kohäsion:

$$e_{\text{pch}} = c \cdot K_{\text{pch}} \quad \text{Spannung}$$

$$E_{\text{pch}} = c \cdot h \cdot K_{\text{pch}} \quad \text{Horizontalkomponente}$$

Mit K_{pch} siehe Tabelle 11

Infolge unbegrenzter Streckenlast:

$$e_{\text{pph}} = p \cdot K_{\text{pph}} \quad \text{Spannung}$$

$$E_{\text{pph}} = p \cdot h \cdot K_{\text{pph}} \quad \text{Horizontalkomponente}$$

Mit K_{pph} siehe Tabelle 11

ERDRUHEDRUCK

$$E_{0h} = E_{0gh} + E_{0pch} + E_{0pph}$$

Infolge Bodeneigenlast:

$$e_{0gh} = \gamma \cdot h \cdot K_{0gh} \quad \text{Spannung}$$

$$E_{0gh} = 1/2 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_{0gh} \quad \text{Horizontalkomponente}$$

Mit K_{0gh} siehe

Tabelle 12

Infolge unbegrenzter Streckenlast:

$$e_{0ph} = p \cdot K_{0ph} \quad \text{Spannung}$$

$$E_{0ph} = p \cdot h \cdot K_{0ph} \quad \text{Horizontalkomponente}$$

Mit $K_{0ph} = K_{0gh}$ (für $\alpha = \beta = 0$) siehe

Tabelle 12

Die Erddruckbeiwerte K werden üblicherweise aus Tabellen (vgl. folgende Tabellen) entnommen. Der Erddruck ist nur bei einem Wandreibungswinkel $\delta = 0$ waagrecht, sonst schräg nach unten (E_a) bzw. schräg nach oben (E_p) gerichtet. Entscheidend ist jedoch in beiden Fällen die horizontale Komponente, weshalb in den meisten Tabellen der Erddruckbeiwert (K_{ah} , K_{ph}) für die Horizontalkomponente des aktiven bzw. passiven Erddrucks angegeben ist.

Tabelle 10: Erddruckbeiwerte K_{agh} und K_{ach} für den aktiven Erddruck (einfacher Fall $\alpha = \beta = 0$)

φ°	Erddruckbeiwerte K_{agh}			Erddruckbeiwerte K_{ach}		
	$\delta = 0$	$\delta = 1/3 \varphi$	$\delta = 2/3 \varphi$	$\delta = 0$	$\delta = 1/3 \varphi$	$\delta = 2/3 \varphi$
10	0,70	0,67	0,65	1,68	1,60	1,52
12,5	0,64	0,61	0,58	1,61	1,51	1,43
15	0,59	0,55	0,52	1,53	1,43	1,34
17,5	0,54	0,50	0,47	1,47	1,36	1,26
20	0,49	0,45	0,43	1,40	1,29	1,18
22,5	0,45	0,41	0,38	1,34	1,22	1,11
25	0,41	0,37	0,35	1,27	1,16	1,04
27,5	0,37	0,34	0,31	1,21	1,10	0,98
30	0,33	0,30	0,28	1,15	1,04	0,92
32,5	0,30	0,27	0,25	1,10	0,98	0,87
35	0,27	0,25	0,22	1,04	0,93	0,81
37,5	0,24	0,22	0,20	0,99	0,88	0,76
40	0,22	0,20	0,18	0,93	0,83	0,71

Tabelle 11: Erddruckbeiwerte K_{pgh} , K_{pch} und K_{pph} für den passiven Erddruck (einfacher Fall $\alpha = \beta = 0$)

φ°	Erddruckbeiwerte K_{pgh}			Erddruckbeiwerte K_{pch}			Erddruckbeiwerte K_{pph}		
	$\delta = 0$	$\delta = 1/3 \varphi$	$\delta = 2/3 \varphi$	$\delta = 0$	$\delta = 1/3 \varphi$	$\delta = 2/3 \varphi$	$\delta = 0$	$\delta = 1/3 \varphi$	$\delta = 2/3 \varphi$
10	1,42	1,47	1,52	2,38	2,47	2,54	1,42	1,47	1,51
12,5	1,55	1,64	1,72	2,49	2,63	2,74	1,55	1,64	1,71
15	1,70	1,84	1,96	2,61	2,80	2,97	1,70	1,83	1,94
17,5	1,86	2,06	2,25	2,73	3,01	3,24	1,86	2,05	2,21
20	2,04	2,33	2,61	2,86	3,23	3,55	2,04	2,31	2,53
22,5	2,24	2,64	3,03	2,99	3,49	3,91	2,24	2,61	2,93
25	2,46	3,01	3,56	3,14	3,78	4,33	2,46	2,97	3,40
27,5	2,72	3,46	4,20	3,30	4,12	4,82	2,72	3,39	3,97
30	3,00	3,98	5,00	3,46	4,49	5,39	3,00	3,89	4,67
32,5	3,32	4,62	6,00	3,65	4,93	6,05	3,32	4,49	5,52
35	3,69	5,39	7,26	3,84	5,43	6,83	3,69	5,21	6,56
37,5	4,11	6,33	8,86	4,06	6,00	7,75	4,11	6,08	7,86
40	4,60	7,48	10,89	4,29	6,66	8,84	4,60	7,14	9,48

Tabelle 12: Erddruckbeiwerte K_{ogh} für den Erdruchdruck (einfacher Fall $\alpha = \beta = 0$)

φ°	Erddruckbeiwerte K_{ogh}	
	$\delta = 0$	
10	0,83	
12,5	0,78	
15	0,74	
17,5	0,70	
20	0,66	
22,5	0,62	
25	0,58	
27,5	0,54	
30	0,5	
32,5	0,46	
35	0,43	
37,5	0,39	
40	0,36	

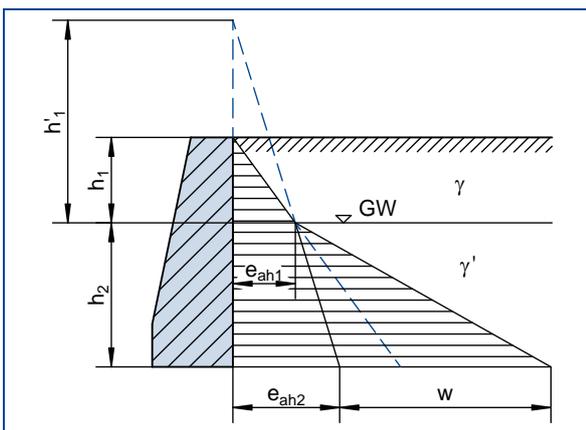
Bei geschichtetem Untergrund mit stark unterschiedlichen Bodenkenngrößen (φ'_k, γ) treten abgewinkelte Lastfiguren auf. Die Erddruckverteilung ändert sich durch unterschiedliche Erddruckbeiwerte an den Schichtgrenzen sprunghaft.

Ein Grundwasserstand hinter einem Stützbauwerk vermindert zunächst den eigentlichen Erddruck, da die Gleichgewichtskräfte unter Auftrieb geringer sind. Es kommt jedoch der hydrostatische Druck σ_w hinzu (vgl. Abbildung 22):

$$\sigma_w = \gamma_w \cdot h$$

Bzw.

$$W_h = \frac{1}{2} \cdot \sigma_w \cdot h$$



$$h'_1 = h_1 \cdot \frac{\gamma}{\gamma'}$$

$$e_{ah1} = \gamma \cdot h_1 \cdot K_{ah} = \gamma' \cdot h'_1 \cdot K_{ah}$$

$$e_{ah2} = \gamma' \cdot (h'_1 + h_2) \cdot K_{ah}$$

$$= (\gamma \cdot h_1 + \gamma' \cdot h_2) \cdot K_{ah}$$

$$\sigma_w = \gamma_w \cdot h_2$$

Abbildung 22: Erddruck- und Wasserdruckverteilung hinter einem Stützbauwerk bei Auftreten von Grundwasser

mit

γ : Wichte des Bodens oberhalb des Grundwasserspiegels in kN/m^3

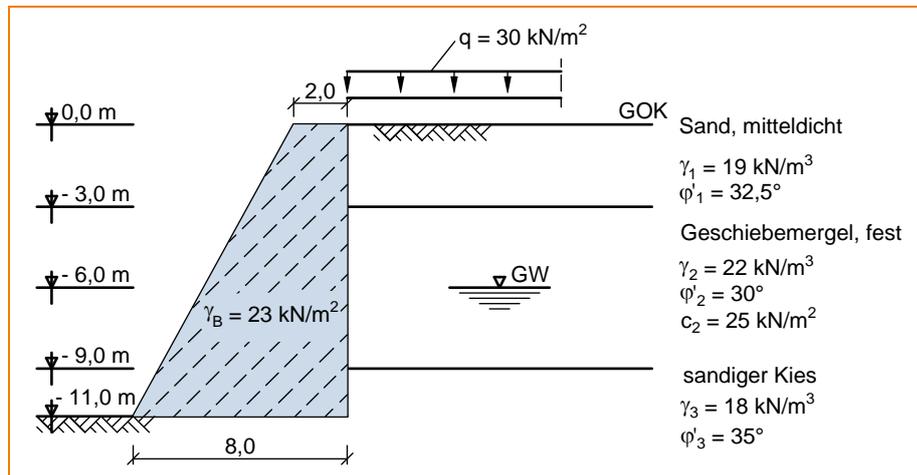
γ' : Wichte des Bodens unterhalb des Grundwasserspiegels in kN/m^3

γ_w : Wichte des Wassers = 10 kN/m^3

Lehrbeispiel

Erddruckermittlung - aktiver Erddruck

Ein Geländesprung wird durch eine Schwergewichtsmauer aus unbewehrtem Ortbeton gesichert. Die Nutzung oberhalb des Geländesprunges beansprucht den Baugrund mit zusätzlich $p = 30 \text{ kN/m}^2$. Der Baugrund ist geschichtet und das Grundwasser steht bei $-6,0 \text{ m}$ unter GOK.



Ermitteln und Skizzieren Sie die Erd- und Wasserdruckfigur mit allen Anteilen und geben Sie den Betrag der auf die Schwergewichtsmauer wirkenden resultierenden horizontalen Kraft pro laufenden Meter an!

Lösung

$$\text{Ortbeton} \rightarrow \text{Wandbeschaffenheit rau} \rightarrow \delta_a = \frac{2}{3}\phi$$

$$\phi' = 32,5^\circ \rightarrow K_{agh} = 0,25$$

$$\phi' = 30^\circ \rightarrow K_{agh} = 0,28$$

$$\phi' = 35^\circ \rightarrow K_{agh} = 0,22$$

aus Wasserdruck:

$$\text{Hydrostatisch} \quad \sigma_w = \gamma_w \cdot h$$

$$-6,0 \text{ m: } \sigma_w = 0$$

$$-9,0 \text{ m: } \sigma_w = 10 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} = 30 \text{ kN/m}^2$$

$$-11,0 \text{ m: } \sigma_w = 10 \text{ kN/m}^3 \cdot 5,0 \text{ m} = 50 \text{ kN/m}^2$$

aus Auflast:

$$e_{\text{aph}} = K_{\text{aph}} \cdot p$$

$$0,0 \text{ m: } e_{\text{aph}} = 0,25 \cdot 30 \text{ kN/m}^2 = 7,5 \text{ kN/m}^2$$

$$-3,0 \text{ m: } e_{\text{aph,ob}} = 0,25 \cdot 30 \text{ kN/m}^2 = 7,5 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{\text{aph,u}} = 0,28 \cdot 30 \text{ kN/m}^2 = 8,4 \text{ kN/m}^2$$

$$-6,0 \text{ m: } e_{\text{aph}} = 0,28 \cdot 30 \text{ kN/m}^2 = 8,4 \text{ kN/m}^2$$

$$-9,0 \text{ m: } e_{\text{aph,ob}} = 0,28 \cdot 30 \text{ kN/m}^2 = 8,4 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{\text{aph,u}} = 0,22 \cdot 30 \text{ kN/m}^2 = 6,6 \text{ kN/m}^2$$

$$-11,0 \text{ m: } e_{\text{aph}} = 0,22 \cdot 30 \text{ kN/m}^2 = 6,6 \text{ kN/m}^2$$

aus Bodeneigenlast:

$$e_{\text{agh}} = \gamma \cdot h \cdot K_{\text{agh}} \quad \gamma' = \gamma - \gamma_w$$

$$0,0 \text{ m: } e_{\text{agh}} = 0$$

$$-3,0 \text{ m: } e_{\text{agh,ob}} = 19 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} \cdot 0,25 = 14,3 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{\text{agh,u}} = 19 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} \cdot 0,28 = 16,0 \text{ kN/m}^2$$

$$-6,0 \text{ m: } e_{\text{agh}} = (19 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} + 22 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m}) \cdot 0,28 = 34,4 \text{ kN/m}^2$$

$$-9,0 \text{ m: } e_{\text{agh,ob}} = (19 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} + 22 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} + 12 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m}) \cdot 0,28$$

$$= 44,5 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{\text{agh,u}} = (19 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} + 22 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} + 12 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m}) \cdot 0,22$$

$$= 35 \text{ kN/m}^2$$

-11,0 m:

$$e_{\text{agh}} = 19 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} + 22 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} + 12 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,0 \text{ m} + 8 \text{ kN/m}^3 \cdot 2,0 \text{ m}) \cdot 0,22$$

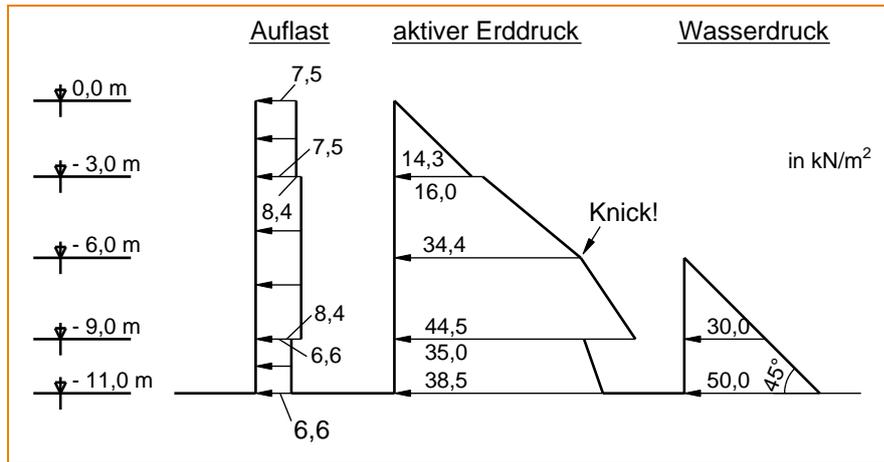
$$= 38,5 \text{ kN/m}^2$$

Anmerkung: im Grundwasserbereich befinden sich die Böden unter Auftrieb!

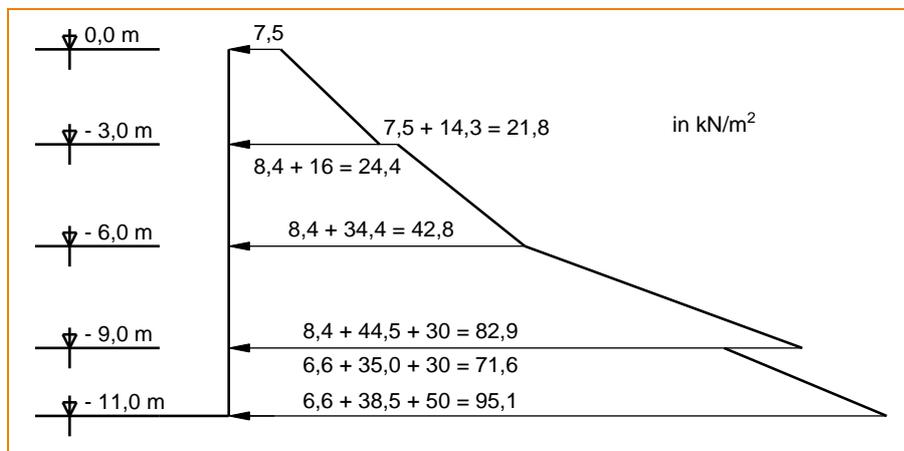
$$\gamma'_2 = \gamma_2 - \gamma_w = 22 \text{ kN/m}^3 - 10 \text{ kN/m}^3 = 12 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_3 = \gamma_3 - \gamma_w = 18 \text{ kN/m}^3 - 10 \text{ kN/m}^3 = 8 \text{ kN/m}^3$$

Die Kohäsion vermindert den aktiven Erddruck und wird hier auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt!



resultierende Erd- und Wasserdruckfigur



$$\begin{aligned} \sum E_a &= \frac{(7,5 + 21,8) \text{ kN/m}^2}{2} \cdot 3,0 \text{ m} + \frac{(24,4 + 42,8) \text{ kN/m}^2}{2} \cdot 3,0 \text{ m} \\ &\quad + \frac{(42,8 + 82,9) \text{ kN/m}^2}{2} \cdot 3,0 \text{ m} + \frac{(71,6 + 95,1) \text{ kN/m}^2}{2} \cdot 2,0 \text{ m} \\ &= (44,0 + 100,8 + 188,6 + 166,7) \text{ kN/m} \\ &= 500,1 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4 Modul 3 LSK 5: „Bemessung von Bauteilen verschiedener Werkstoffe II“ (schwerpunktübergreifend)

4.1 Stahlbeton-Plattenbalken

4.1.1 Tragverhalten und mitwirkende Plattenbreite

Plattenbalken sind Balken, bei denen die Druckzone durch die Platten neben den Balkenstegen verbreitert wird. Dadurch ergibt sich der ideale Biegeträger für den Stahlbetonbau, da überflüssiger Beton in der Zugzone vermieden wird. Der Balkensteg ist gerade so breit, dass die erforderliche Zugbewehrung darin Platz findet.

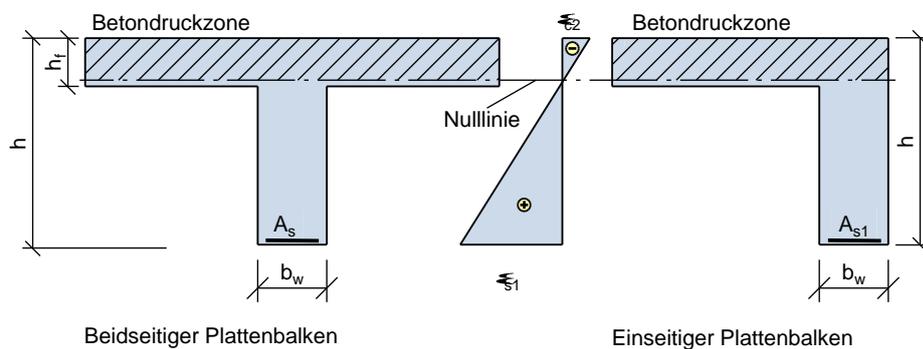


Abbildung 23: Plattenbalkenquerschnitte

Die schubfeste Verbindung von Platte und Balkensteg ermöglicht das Einleiten der Biegedruckkraft in die Platte, die in Trägerspannrichtung als Druckscheibe wirkt. Quer zur Trägerspannrichtung wird sie meist als Biegeplatte genutzt. Die genaue Berechnung der Spannungsverteilung in der Druckplatte ist schwierig und mit den Mitteln der Stabstatik nicht durchführbar. Stattdessen arbeitet man mit dem Begriff der **mitwirkenden Plattenbreite b_{eff}** . Man erhält b_{eff} aus der Bedingung, dass die Betondruckkraft infolge der wirklichen Spannungsverteilung über die tatsächliche Breite b gleich derjenigen sein muss, die sich bei konstanter Randspannung über die Breite b_{eff} ergibt.

Für biegebeanspruchte Plattenbalken darf bei annähernd gleichmäßiger Beanspruchung die mitwirkende Breite b_{eff} über folgenden Ansatz ermittelt werden:

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \quad \text{und}$$

$$b_{\text{eff},i} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0 \leq 0,2 \cdot l_0$$

$$\leq b_i$$

- b_{eff} : mitwirkende Plattenbreite in cm
- b_w : Stegbreite in cm
- b_i : tatsächlich vorhandene Gurtbreiten in cm
- $b_{\text{eff},i}$: mitwirkende Gurtbreiten in cm
- l_0 : Stützweite von Plattenbalken (\Leftrightarrow Abstand der Momentennullpunkte)
- $l_{\text{eff},i}$: wirksame Stützweiten in cm

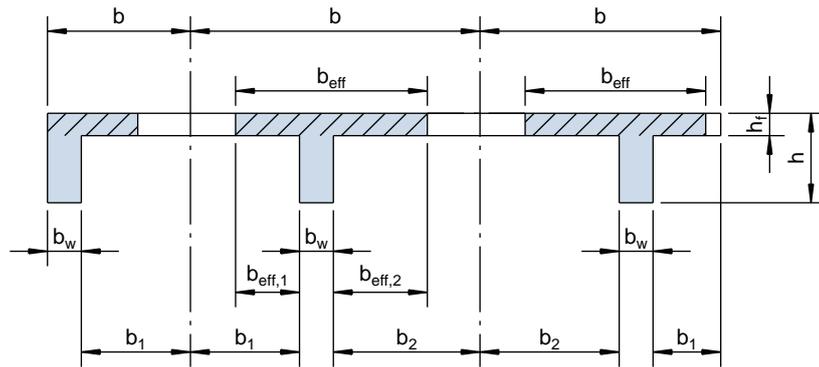


Abbildung 24: Mitwirkende Plattenbreite b_{eff}

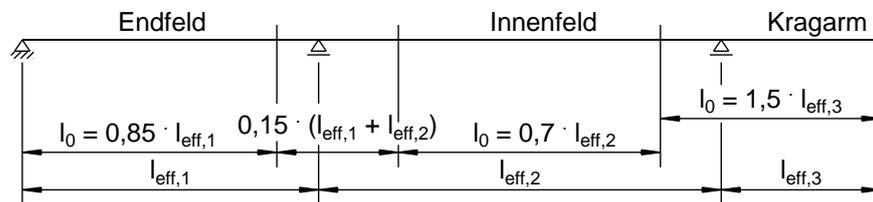


Abbildung 25: Wirksame Stützweite l_{eff} von Plattenbalken zur Berechnung der mitwirkenden Plattenbreite

Bei ungleichen Stützweiten dürfen annähernd gleiche Steifigkeitsverhältnisse angenommen werden, wenn das Stützweitenverhältnis benachbarter Felder innerhalb folgender Grenzen liegt:

$$0,67 \leq \frac{l_{eff,1}}{l_{eff,2}} \leq 1,5$$

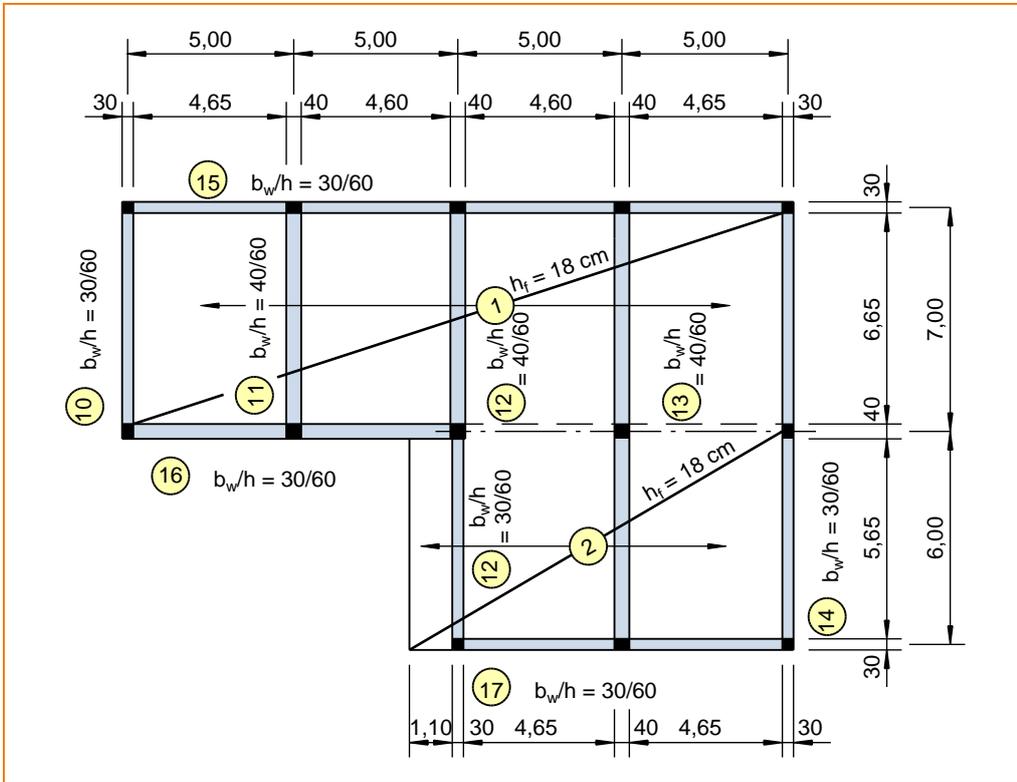
$$l_{eff,3} \leq \frac{l_{eff,2}}{2} \quad \text{für einen Kragarm}$$

Dieser Ansatz zur Ermittlung der mitwirkenden Plattenbreite b_{eff} darf für beidseitige und für einseitige Plattenbalken angesetzt werden und gilt bei der Schnittgrößenermittlung und für die Querschnittsbemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit. Bei konstanter Bauhöhe h kann das Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnittes I_c als konstant angenommen werden.

Lehrbeispiel

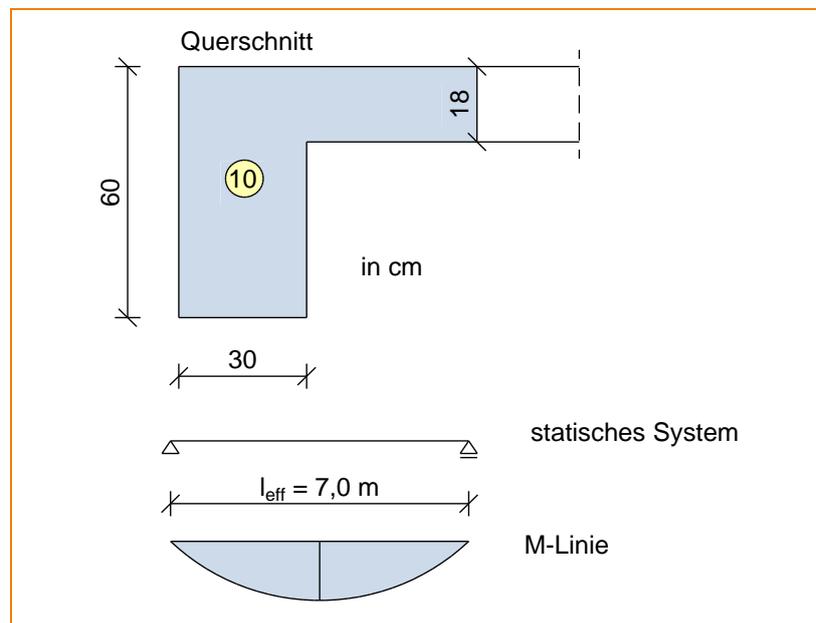
Mitwirkende Plattenbreiten von Plattenbalken

Für den Grundriss eines Stahlbetonskelettbaus sollen mitwirkende Plattenbreiten ermittelt werden.



Ermitteln Sie die mitwirkenden Plattenbreiten für die Plattenbalken Pos. 10, 11 und 12!

Lösung

Pos. 10 Randträger - einseitiger Plattenbalken / Einfeldträger: $b_w/h = 30/60$ cm

$$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},1} + b_w; \quad b_w = 30 \text{ cm};$$

$$l_0 = l_{\text{eff}} = 700 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0$$

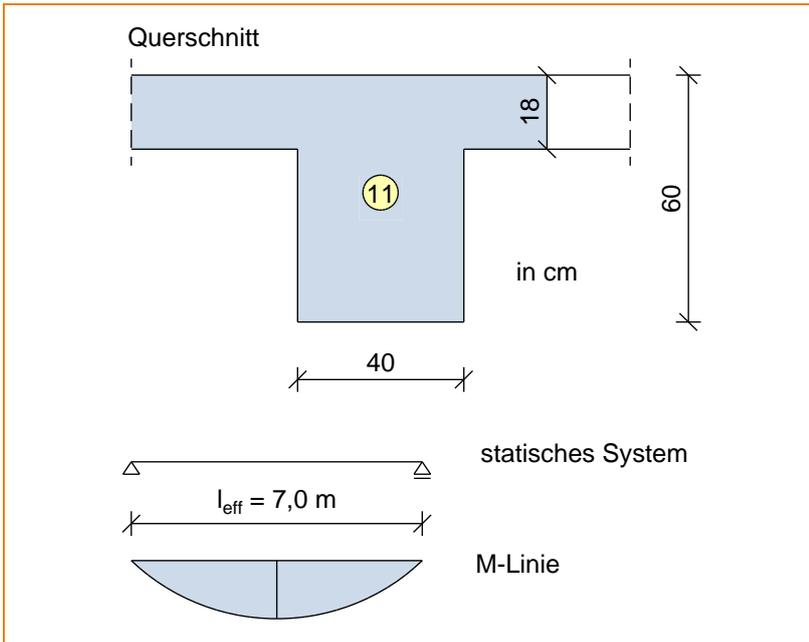
$$= 0,2 \cdot \frac{465}{2} + 0,1 \cdot 700$$

$$= 116,5 \text{ cm} \leq 0,2 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 700 = 140 \text{ cm}$$

$$\leq b_1 = \frac{465}{2} = 232,5 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 116,5 + 30 = 146,5 \text{ cm} \approx 1,47 \text{ m}$$

Pos. 11 Innenträger - beidseitiger Plattenbalken / Einfeldträger: $b_w/h = 40/60$ cm



$$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + b_w$$

$$b_w = 40 \text{ cm};$$

$$l_0 = l_{\text{eff}} = 700 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0$$

$$= 0,2 \cdot \frac{465}{2} + 0,1 \cdot 700$$

$$= 116,5 \text{ cm} \leq 0,2 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 700 = 140 \text{ cm}$$

$$\leq b_1 = \frac{465}{2} = 232,5 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff},2} = 0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0$$

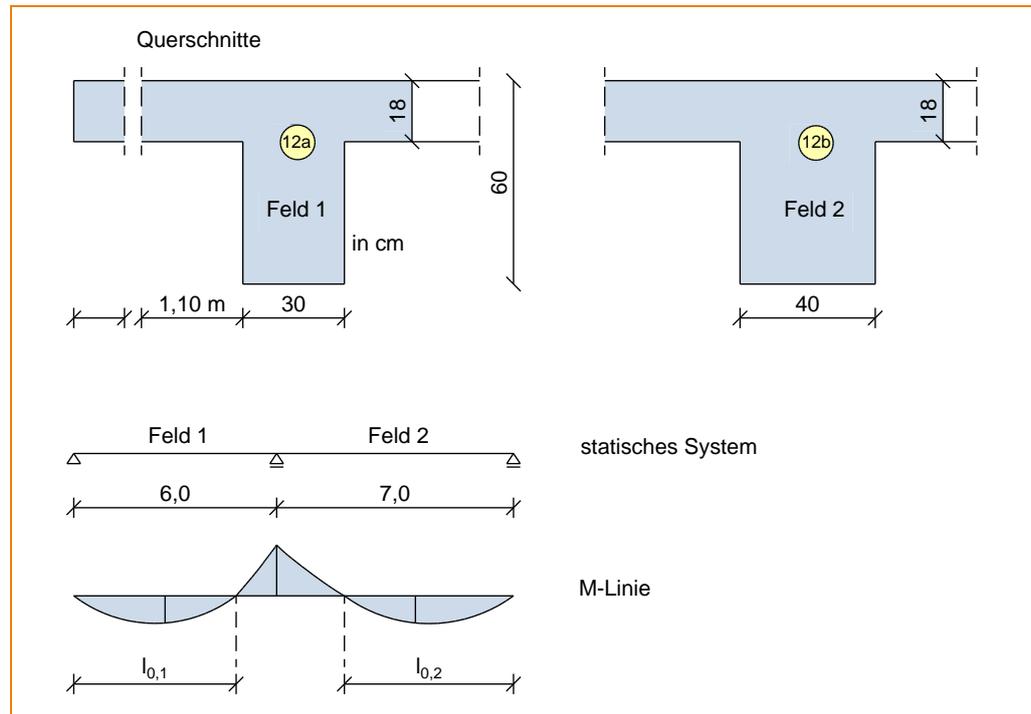
$$= 0,2 \cdot \frac{460}{2} + 0,1 \cdot 700$$

$$= 116 \text{ cm} \leq 0,2 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 700 = 140 \text{ cm}$$

$$\leq b_2 = \frac{460}{2} = 230 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 116,5 + 116 + 40 = 272,5 \text{ cm} \approx 2,73 \text{ m}$$

Pos. 12 Innenträger - beidseitiger Plattenbalken/Zweifeldträger: $b_w/h = 30$ bzw. $40/60$ cm



Stützweitenverhältnis: $0,67 \leq \frac{l_{\text{eff},1}}{l_{\text{eff},2}} = \frac{6,0}{7,0} = 0,86 \leq 1,5$

$$l_{0,1} = 0,85 \cdot l_{\text{eff},1} = 0,85 \cdot 600 = 510 \text{ cm}$$

$$l_{0,2} = 0,85 \cdot l_{\text{eff},2} = 0,85 \cdot 700 = 595 \text{ cm}$$

Feld 1:

$$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + b_w$$

$$b_w = 30 \text{ cm}; \quad l_0 = l_{0,1}$$

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 110 + 0,1 \cdot 510 = 73 \text{ cm} \leq 0,2 \cdot 510 = 102 \text{ cm}$$

$$\leq b_1 = 110 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff},2} = 0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot \frac{465}{2} + 0,1 \cdot 510 = 97,5 \text{ cm} \leq 0,2 \cdot 510 = 102 \text{ cm}$$

$$\leq b_2 = \frac{465}{2} = 232,5 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 73 + 97,5 + 30 = 200,5 \text{ cm} \approx 2,0 \text{ m}$$

Feld 2:

$$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + b_w$$

$$b_w = 40 \text{ cm}; \quad l_0 = l_{02}$$

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0$$

$$= 0,2 \cdot \frac{460}{2} + 0,1 \cdot 595$$

$$= 105,5 \text{ cm} \leq 0,2 \cdot 595 = 119 \text{ cm}$$

$$\leq \frac{460}{2} = 230 \text{ cm}$$

$$= b_{\text{eff},2}$$

$$b_{\text{eff}} = 105,5 + 105,5 + 40 = 251 \text{ cm} \approx 2,5 \text{ m}$$



4.2 Verankerung der Bewehrung und Konstruktionshinweise

4.2.1 Längsbewehrung (EC2-1-1, 9.2.1)

Konstruktionsregeln für die Längsbewehrung in Stahlbetonkonstruktionen sind aufbauend auf den im Lernskript M2 „Bemessung von Bauteilen verschiedener Werkstoffe I“, Kap. 1.2.5 vermittelten Kenntnissen umfänglich im Kap. 1 dieses Moduls für Platten-tragwerke angegeben.

Die dort aufgeführten grundsätzlichen Regelungen gelten zunächst auch für die Längsbewehrung von Balken und Plattenbalken. Das sind insbesondere Regelungen

- zur Mindest- und Höchstbewehrung
- zur Bemessung für teilweise Einspannung bei Annahme gelenkiger Lagerung an den Endauflagern monolithisch hergestellter Balken
- zur Verankerung und Stoßausbildung
- zur Zugkraftdeckung

Im Folgenden werden daher vornehmlich die Regelungen explizit aufgeführt bzw. ergänzt, die spezielle Anforderungen für Balken- und Plattenbalkentragwerke enthalten und sich teilweise von den Regelungen für Platten unterscheiden.

Längsbewehrung - Allgemeines

Der Stabdurchmesser von Balken sollte nicht größer als 32 mm (Stabbündel: Vergleichsdurchmesser $d_{\text{sn}} = 32 \text{ mm}$) gewählt werden. Bei größeren Durchmessern ist zur Vermeidung von Betonabplatzungen und zur Begrenzung der Rissbreiten eine netzartige Oberflächenbewehrung erforderlich.

Die Zug-(Längs-)bewehrung von Balken kann in einer Lage bzw. bei zu geringer Breite b_w auch in mehreren Lagen angeordnet werden. Folgende Mindestabstände sind einzuhalten:

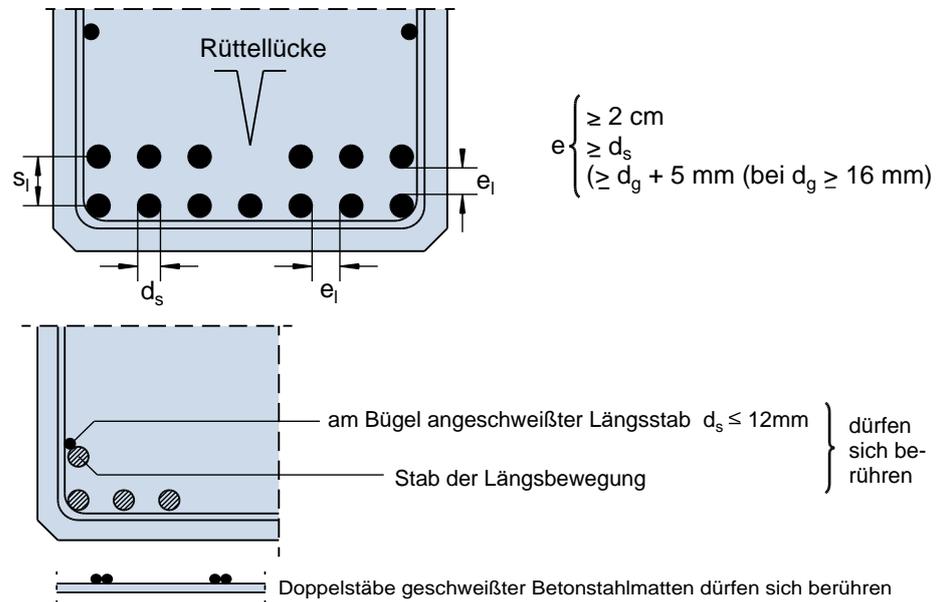
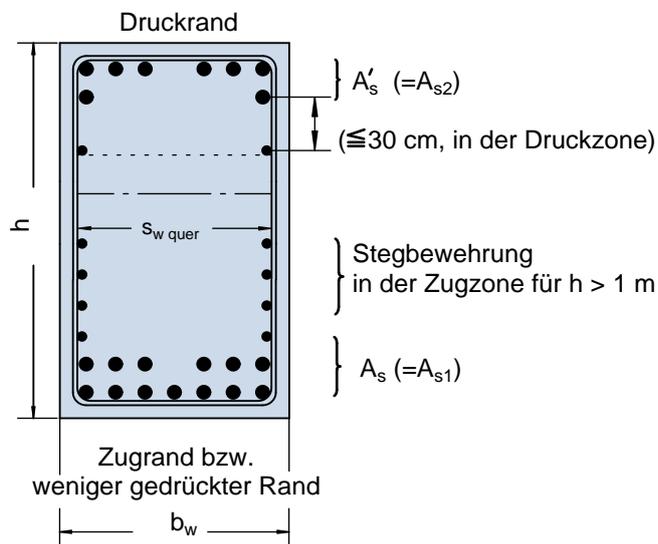


Abbildung 26: Mindestabstände Längsbewehrung

Bei hohen Trägern ist horizontal eine konstruktive Stegbewehrung erforderlich.



Betonquerschnitt: $A_c = b \cdot h$

Abbildung 27: Höchstwerte der Längsbewehrung sowie Verteilung gleichlaufender Stäbe im Querschnitt

Biegezugbewehrung an Zwischenauflagern von durchlaufenden Plattenbalken

Die oberliegende Biegezugbewehrung darf außerhalb des Steges liegen. Hiermit wird die Herstellung erleichtert (Rüttellücke).

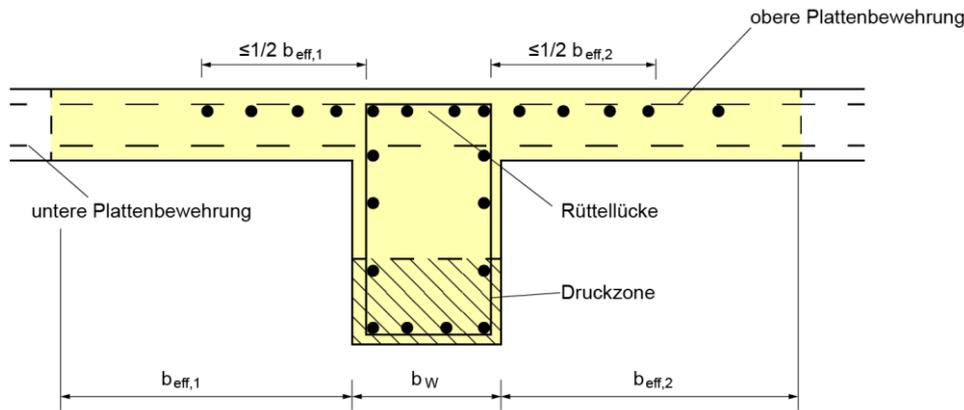


Abbildung 28: Plattenbalken mit oberliegender Zugzone (Stützmoment): Anordnung der Biegezugbewehrung nach Empfehlung EC2-1-1/NA

Dabei wird empfohlen, die Zugbewehrung höchstens auf einer Breite entsprechend der halben rechnerischen effektiven Gurtbreite $b_{eff,i}$ anzuordnen. Die gesamte effektive Breite des Gurtes darf genutzt werden.

Für in die Platte ausgelagerten Stäbe ist das Versatzmaß a_1 jeweils um ihren Abstand vom Steganschnitt zu vergrößern (Versatzmaß s. Unterabschnitt „Zugkraftdeckung“).

Öffnungen im Steg

Für die Durchführung von Leitungen, Rohren u. Ä. sind in den Balkenstegen häufig Aussparungen erforderlich. Grundsätzlich sollten diese Aussparungen im Balkenbereich mit geringer Querkraftbeanspruchung angeordnet werden. Kreisrunde Öffnungen sind dabei gegenüber Öffnungen mit rechteckigem Querschnitt zu bevorzugen.

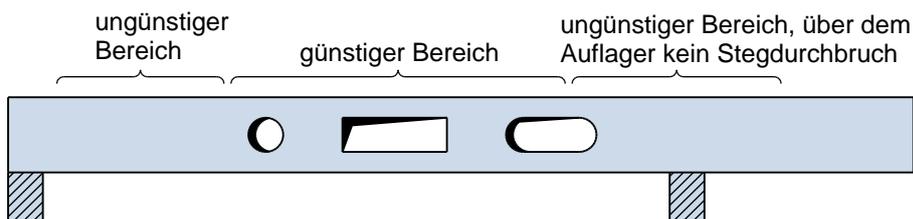


Abbildung 29: Stahlbetonbalken mit Öffnungen (Durchbrüchen) im Steg

Im Allgemeinen ist ein zusätzlicher statischer Nachweis für den Balken in den Öffnungsbereichen für den verbleibenden Querschnitt erforderlich. Neben der Längsbewehrung aus der Biegebemessung und der Bügel aus der Querkraftbemessung sind z.B. in den Bereichen einer Rechtecköffnung zusätzlich eine Längsbewehrung oberhalb und unterhalb der Öffnung, Bügel jeweils für den oberen und unteren Restquerschnitt sowie Zusatzbügel links und rechts der Öffnung erforderlich.

Dieses Sonderproblem kann im Lehrmaterial nicht weiter vertieft werden.

Zugkraftdeckung

Für Balken und Plattenbalken, als Bauteile mit Querkraftbewehrung, gilt für das Versatzmaß:

$$a_1 = 0,5 \cdot z \cdot (\cot \theta - \cot \alpha)$$

Für den häufigen Fall einer vertikalen Bügelbewehrung und unter Ansatz der erlaubten Näherungen $\cot \theta = 1,2$ und $z = 0,9 \cdot d$ ergibt sich:

$$a_1 = 0,5 \cdot (0,9 \cdot d) \cdot 1,2 = 0,54 \cdot d$$

Verankerung der unteren Längsbewehrung an End- und Zwischenauflägern

Für den häufigen Fall, dass an Endauflägern keine oder nur geringe Einspannung angenommen wurde, gilt für Balken und Plattenbalken, dass 25 % der im Feld ermittelten rechnerisch erforderlichen Bewehrung zu den Randauflägern zu führen und dort zu verankern ist (bei Platten 50 %!).

Eine typische Auflagersituationen mit 2 verschiedenen Verankerungselementen zeigt Abbildung 30:

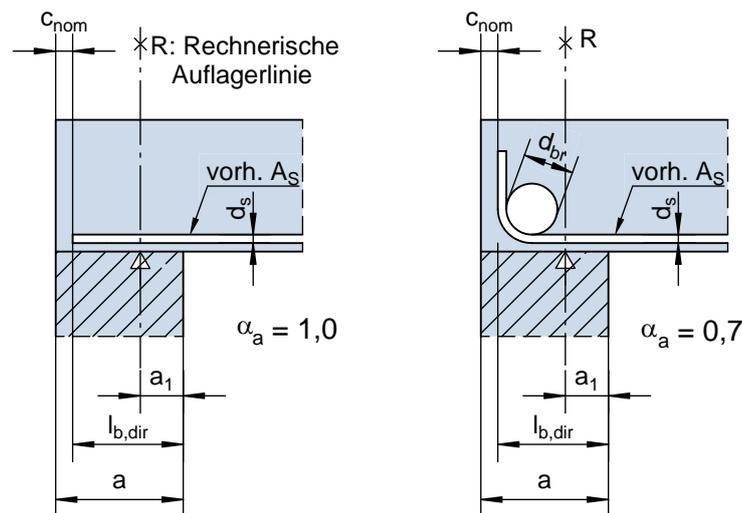


Abbildung 30: Balken mit direkter Auflagerung

Der rechnerische Nachweis für die Verankerung wird analog zur Vorgehensweise bei Platten geführt:

Verankerungszugkraft F_{Ed} am Endauflager berechnen und erf. $A_s = F_{Ed} / f_{yd}$ bestimmen

erf. Verankerungslänge l_{bd} entsprechend den gewählten Verankerungselementen - gerade Enden, Haken, Winkelhaken - und dem Verhältnis von erf. A_s / vorh. A_s berechnen und mit der geometrisch zur Verfügung stehenden Länge vergleichen, gegebenenfalls Änderungen/Anpassungen vornehmen.

Verankerungskraft $F_{Ed} = V_{Ed} \cdot a_1 / z + N_{Ed} \geq 0,5 V_{Ed}$

Für den häufigen Fall $N = 0$ und unter der Voraussetzung, dass für das Versatzmaß $a_1 = 0,54 d$ gilt (senkrechte Bügel, $\cot \theta = 1,2$ und $z = 0,9 \cdot d$) erhält man für Balken und Plattenbalken daraus:

$$F_{Ed} = 0,54 / 0,9 \cdot V_{Ed} = 0,6 \cdot V_{Ed}$$

4.3 Bemessung von Pfettendächern

4.3.1 Tragglieder, Aussteifung und Lastabtragung bei Pfettendächern

Pfettendächer bestehen aus Sparren, Pfetten, Stützen und Aussteifungselementen, die alle als voneinander unabhängige Tragelemente angesehen werden können. Pfettendächer weisen somit eine einfache statische Struktur auf.

Im Unterschied zu **Sparrendächern**, bei denen aus Eigen- und Schneelasten horizontale Auflagerreaktionen resultieren, verursachen vertikale Einwirkungen bei Pfettendächern nur vertikale Auflagerreaktionen.

Abtragung vertikaler Lasten

Pfetten, als das namensgebende Tragwerksbauteil, sind in statischer Hinsicht Unterzüge, also biegebeanspruchte Träger, auf denen die Sparren „frei“ aufliegen.

Bei den Pfetten unterscheidet man je nach Lage zwischen Fuß-, Mittel- und Firstpfetten. Meistens liegt die Fußpfette vollflächig auf der Obergeschosdecke auf. Mittel- und Firstpfetten müssen abgestützt werden.

Diese Auflager bilden Stützen, die bei dem im Neubau üblichen Dachgeschossausbau entweder in Wände integriert sind, oder deren Aufgabe von tragenden Querwänden, z. B. aus Mauerwerk, übernommen werden.

Die Bemessung und der sich daraus ergebende Pfettenquerschnitt werden maßgeblich vom gewählten bzw. möglichen Stützenabstand bestimmt. Pfetten werden im Neubau häufig aus Brettschichtholz ausgeführt.

Die Sparren tragen die Dacheindeckung und leiten weiterhin die Belastungen aus Wind und Schnee an ihren Auflagerpunkten in die Pfetten und sind damit ebenfalls (überwiegend) biegebeanspruchte Balken. Beim Einbau von Gauben oder Dachfenstern können die Sparren „durchschnitten“ und der Lastanteil durch einen sogenannten Wechsel statisch einfach auf benachbarte Sparren „umgeleitet“ werden. Ebenso ist eine versetzte Sparrenanordnung einfach möglich, wie z. B. an Schornsteinen erforderlich.

Verschiedene Anordnungen der beschriebenen Tragelemente und die daraus resultierenden Bezeichnungen der Dächer sind in Abbildung 31 dargestellt.

Abtragung horizontaler Lasten

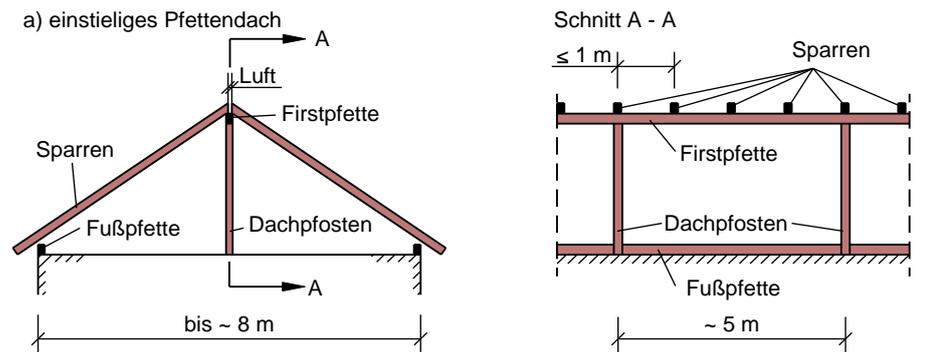
Windlasten werden bei Pfettendächern je nach gewählter Konstruktion unterschiedlich abgetragen. Dabei ist zwischen den Fällen Wind längs und quer zur Traufe zu unterscheiden.

Aussteifung in Querrichtung

Zur Aufnahme der auf die Dachflächen wirkenden Windlasten quer zur Traufe kann der Dachstuhl unterschiedlich ausgebildet werden:

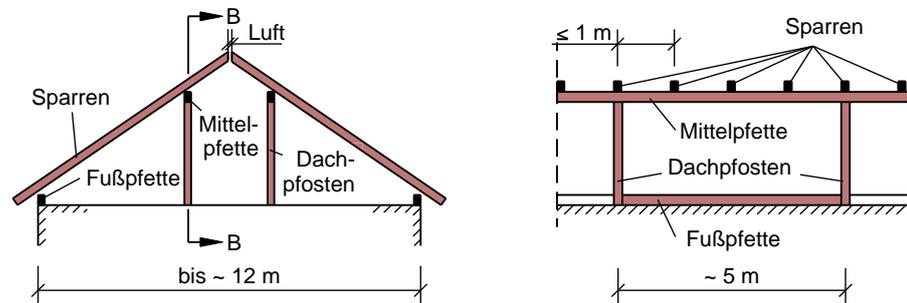
- **Strebenloses Pfettendach** (Abbildung 31)

Das feste Auflager wird bei diesem System an der Fußpfette angenommen, sodass die gesamte horizontale Windkraft hier aufgenommen wird. Daher muss die Verankerung der Fußpfette und der Sparrenanschluss an ihr sorgfältig erfolgen. Die Auflager an der Firstpfette und an den Mittelpfetten werden als waagrecht verschieblich angesehen. Die Dachpfosten sind Pendelstützen, weshalb die Mittelpfetten und die Firstpfette nur lotrechte Kräfte erhalten.



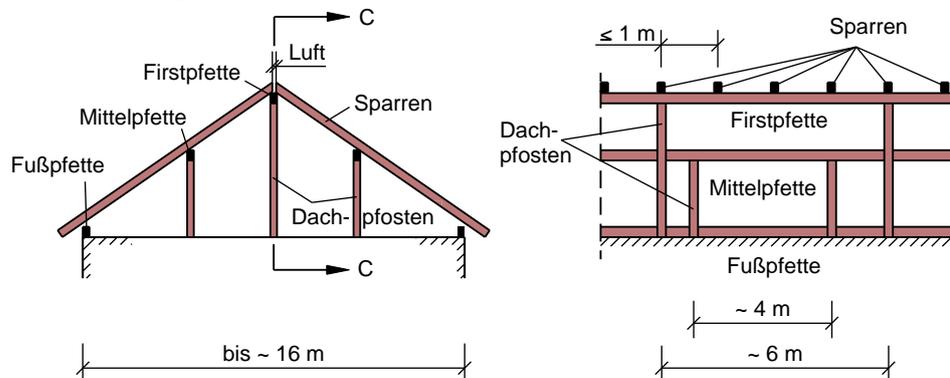
a) Einstieliges Pfettendach, bzw. einfach stehender Pfettendachstuhl

b) zweistieliges Pfettendach



b) Zweistieliges Pfettendach, bzw. zweifach stehender Pfettendachstuhl

c) dreistieliges Pfettendach



c) Dreistieliges Pfettendach, bzw. dreifach stehender Pfettendachstuhl

Abbildung 31: Beispiele für ein-, zwei- und dreistielige Pfettendächer

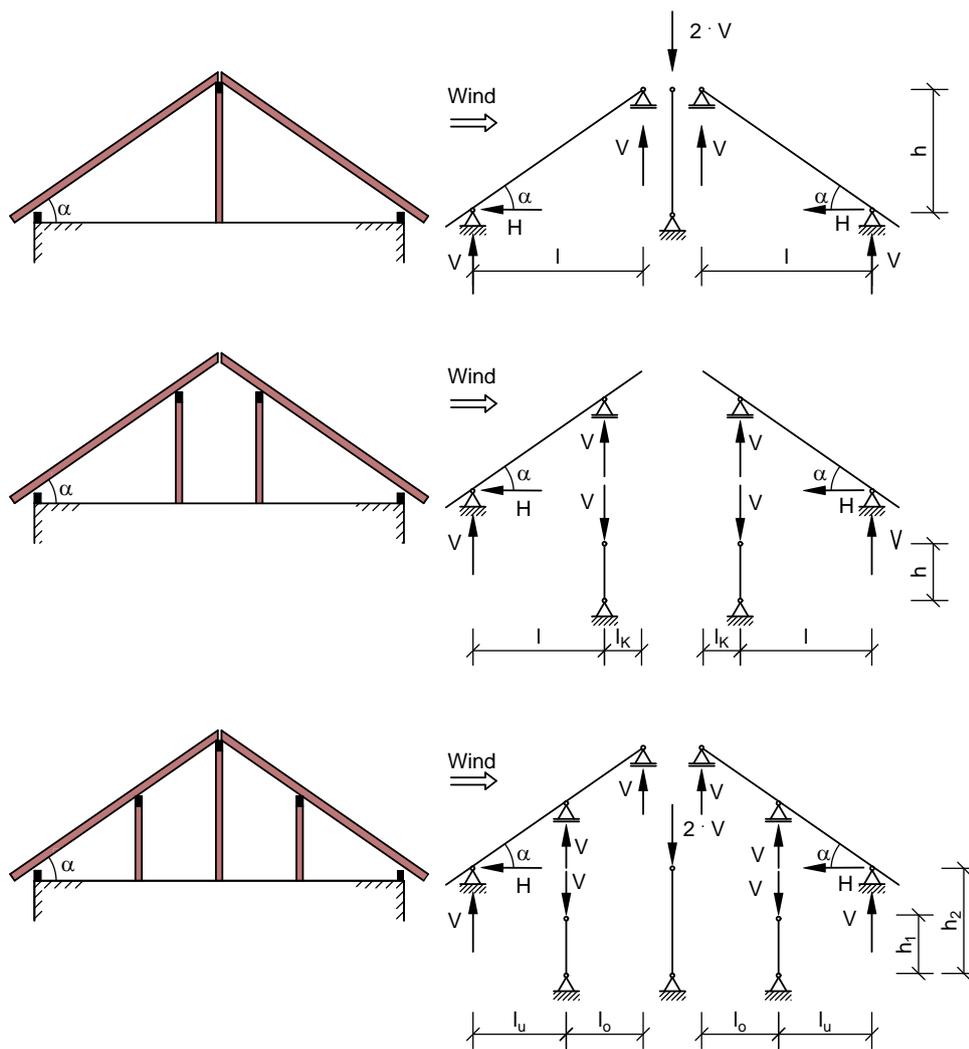


Abbildung 32: Wind quer zur Traufe - Statische Systeme strebenloser Pfettendächer

- **Abgestrebtes Pfettendach** (Abbildung 33)

Diese Bauart wird oft bei steileren Dächern gewählt oder wenn die Aufnahme von Horizontalkräften an der Fußpfette wegen der Drempelausbildung nicht möglich ist. Die die vertikale Pfettenabstützung bildenden Dachpfosten werden durch Streben horizontal abgestützt. Damit bilden die Mittelpfetten das feste Auflager für die Sparren. Sie übernehmen sowohl die horizontalen Windlasten als auch die lotrecht wirkenden Lasten und werden somit zweiachsig auf Biegung beansprucht.

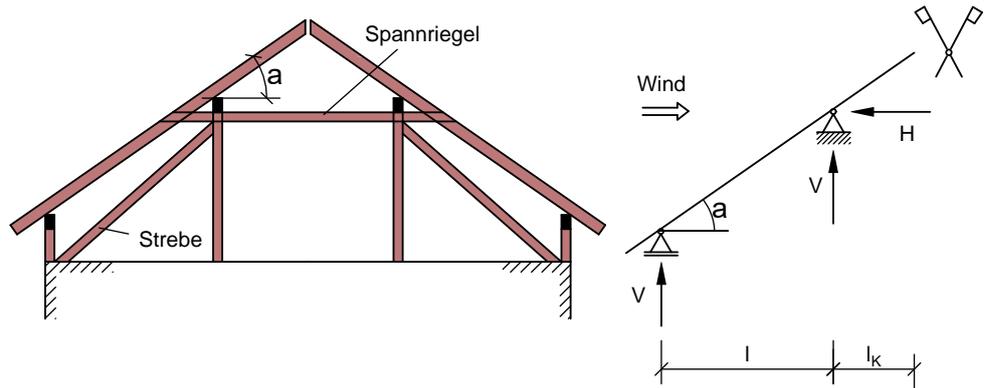
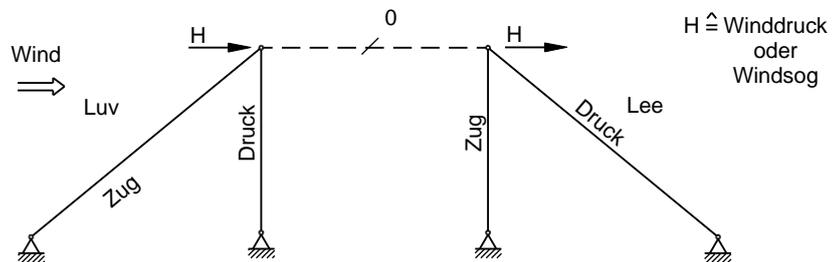


Abbildung 33: Statisches System für ein abgestrebtetes Pfettendach

Bei zug- und druckfestem Strebenanschluss (z.B. Stahlblechverbindungen) steht zur Aufnahme der horizontalen Windlasten für die luvseitige und die leeseitige Dachhälfte je ein Strebenbock zur Verfügung. Der Spannriegel bleibt unbelastet (Abbildung 34, oben).

Bei nur druckfest angeschlossenen Streben (z.B. Versätze) muss der Winddruck über den knicksicher dimensionierten Spannriegel auf den leeseitigen Strebenbock geleitet werden. Die leeseitige Strebe wird dann auf Druck, der dazugehörige Dachpfosten wird infolge Windlasten auf Zug beansprucht (Abbildung 34, unten)).

zug- und druckfester Strebenanschluss



nur druckfester Strebenanschluss

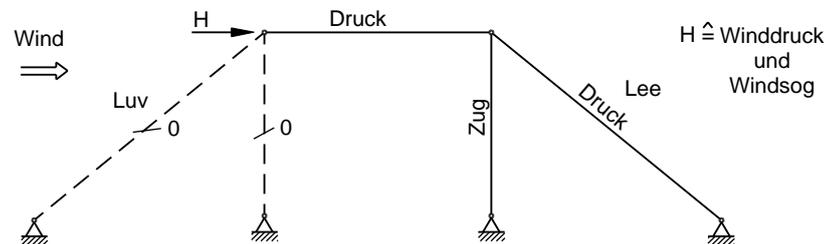


Abbildung 34: Aufnahme der Horizontallasten durch den Strebenbock

• **Pfettendach mit Kehlscheibe**

Ist die Aufnahme von Horizontalkräften an der Fußpfette nicht vorgesehen, besteht die Möglichkeit diese in eine Kehlscheibe einzuleiten. Dabei kann die Kehlscheibe z. B. von Holzzangen (Kehlbalken) und daraufgenagelten Spanplatten gebildet werden. Hierbei wird jeder Sparren von einer Zange oder einem Zangenpaar umfasst. Die Kehlscheibe muss dann kraftschlüssig an die Giebel- und evtl. vorhandene Zwischenwände angeschlossen werden, um die horizontalen Auflagerreaktionen in diese Bauteile einzuleiten. Damit bildet die Kehlscheibe gleichzeitig den oberen Raumabschluss für das ausgebaute Dachgeschoss. Die Mittelpfette wird in diesem Fall nur durch Vertikallasten beansprucht.

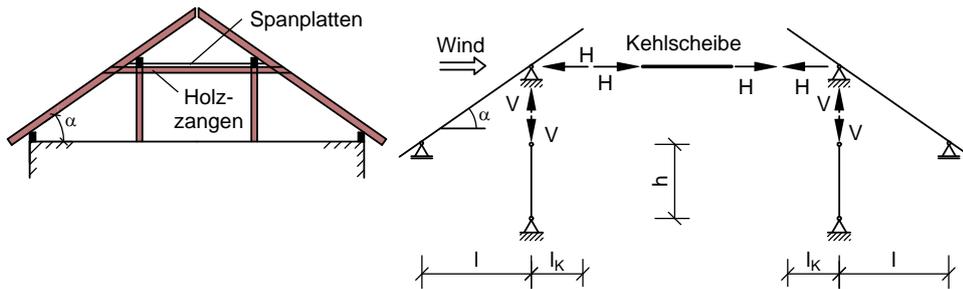


Abbildung 35: Statisches System für ein Pfettendach mit Kehlscheibe

• **Pfettendach mit Mittelpfette auf Doppelbiegung**

Ist die Aufnahme von Horizontalkräften an den Fußpfetten nicht möglich, kann die gesamte Horizontallast in die Mittelpfetten über Biegung eingeleitet werden. Da die Mittelpfetten dann sowohl horizontale als auch lotrechte Lasten übernehmen, werden sie zweiachsig, vertikal und horizontal, auch als Doppelbiegung bezeichnet, beansprucht. In diesem Fall müssen die Mittelpfetten kraftschlüssig mit den Giebelwänden (Scheibenbeanspruchung!) verbunden sein, um die horizontalen Auflagerreaktionen einzuleiten.

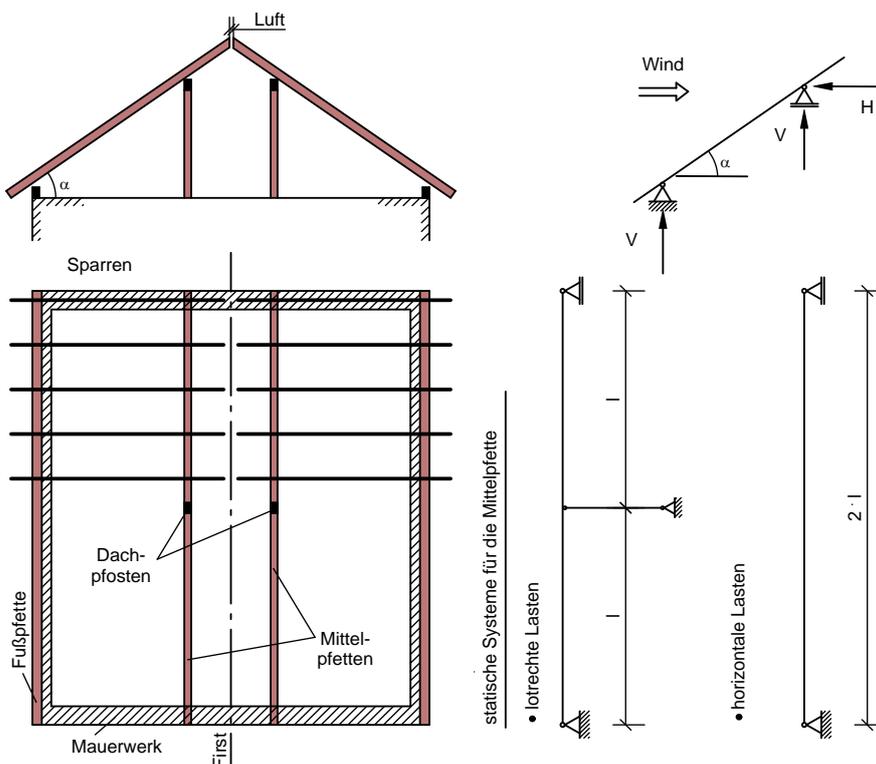


Abbildung 36: Statisches System für ein Pfettendach mit Mittelpfette auf Doppelbiegung

4.3.2 Sparrenbemessung

Bei Pfettendächern werden die Einwirkungen von den Sparren an die Pfetten weitergeleitet/übertragen.

Das statische System für einen Dachsparren wird dabei als (geneigter) Balken auf 2 (statisch bestimmt) oder 3 Stützen (Zweifeldträger, statisch unbestimmt) idealisiert, wobei zusätzlich Kragarme berücksichtigt werden können.

Bei Dachkonstruktionen mit Dachneigungen zwischen 15° und 50° genügt es, die Dachsparren auf Biegung zu bemessen und den Durchbiegungsnachweis zu führen. Die infolge Sparrenneigung aus den Vertikalbelastungen Eigengewicht und Schnee resultierenden Normalkräfte sind gering und liefern nur unbedeutende Zusatzspannungen, die i. d. R. bei der Bemessung unberücksichtigt bleiben. Die Sparrenschubspannungen infolge Querkraft werden in der Regel ebenfalls nicht bemessungsmaßgebend.

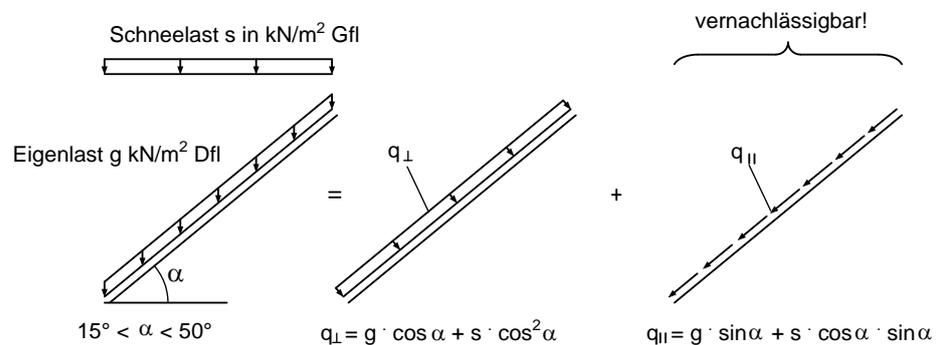


Abbildung 37: Sparrenbelastung

Anhand von Lehrbeispielen werden im Folgenden die Biegebemessung und die Nachweisführung im GZT (Tragfähigkeit) erläutert.

Die Nachweise im GZG beschränken sich bei Dachkonstruktionen auf den Nachweis der Durchbiegungen. Für Wohnungsdecken wären nach EC5-1-1 Schwingungsnachweise zu führen.

4.3.3 Einfeldsparren ohne Kragarm

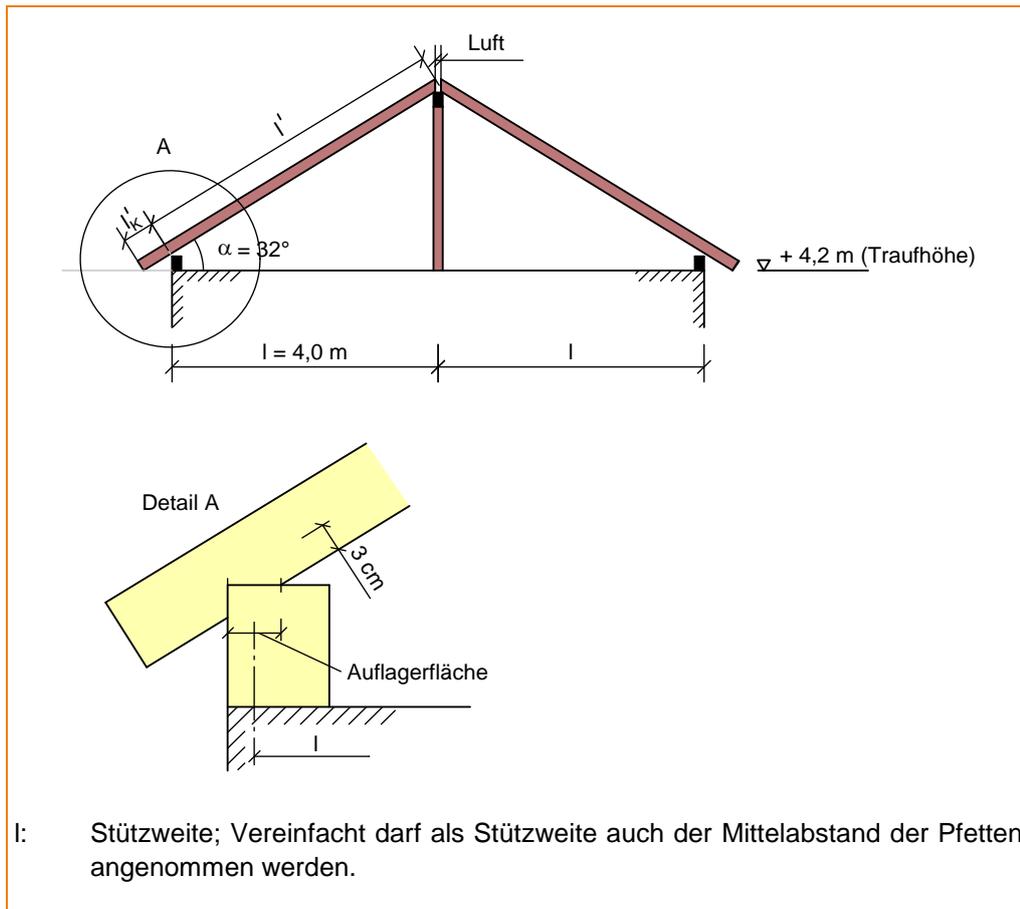
Lehrbeispiel

Bemessen Sie für das nachfolgend dargestellte einstielige Pfettendach (Pfettendach mit einfach stehendem Stuhl) einer Garage die Dachsparren in Nadelholz C24!

Angaben:

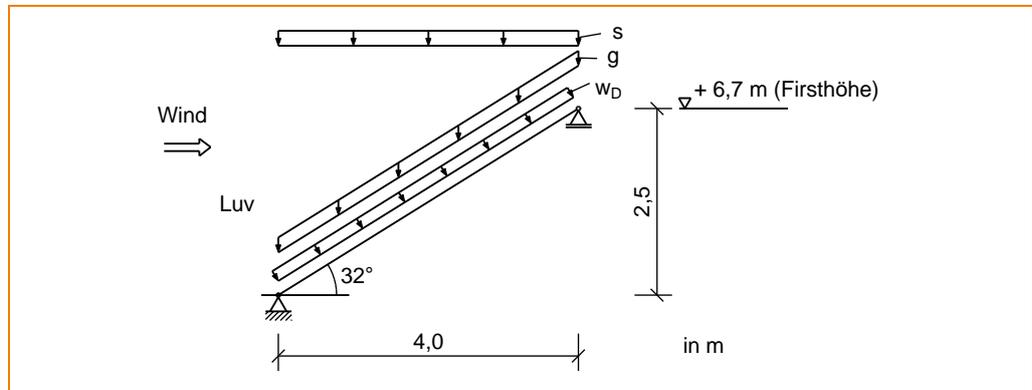
Sparrenabstand: $e = 70 \text{ cm}$, Dacheindeckung: Flachdachpfannen

Schneelastzone II, 320 m ü. NN; Windzone 2, Binnenland



Lösung**Statisches System und Lastannahmen**

Kleinere Auskragungen an der Traufe oder am First bis $l'_{k} \approx 0,2 \cdot l'$ brauchen für die Dimensionierung der Sparren nicht berücksichtigt zu werden.



aus Eigenlast: Flachdachpfannen einschließlich Lattung $0,55 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl}$

Sparren (geschätzt) $8/16 \text{ cm}$

$$(0,08 \text{ m} \cdot 0,16 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ kN/m}^3) / 0,70 \text{ m} \sim 0,15 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl}$$

$$g_k = 0,70 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl}$$

aus Schneelast:

Schneelastzone II,

$$h = 320 \text{ m: } (H + 140) / 760 = 0,61$$

$$s_k = 0,25 + 1,91 \cdot 0,61^2 = 0,95 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_1 = 0,8 \cdot (60^\circ - 32^\circ) / 30^\circ = 0,75$$

$$s = 0,75 \cdot 0,95 = 0,71 \text{ kN/m}^2$$

aus Windlast:

$$h < 10 \text{ m, vereinfachter Geschwindigkeitsdruck } q_p = 0,65 \text{ kN/m}^2$$

Nach EC1-1-4 ist die Satteldachfläche der Garage zunächst in die Bereiche F, G, H, J, I einzuteilen. Danach sind für den Neigungswinkel $\alpha = 32^\circ$ die bereichsweise geltenden Außendruckbeiwerte zu ermitteln. Bei strenger Anwendung ergibt das mehrere zu untersuchende Lastbilder mit über die Sparrenlänge veränderlichen Windlastordinaten! In der Praxis stehen hierfür Softwareprogramme zur Verfügung, um die zahlreichen Bereiche und Iterationen zu berechnen.

Für das folgende Berechnungsbeispiel werden nachfolgende Vereinfachungen getroffen:

beanspruchungserhöhend wirkt nur Winddruck

für die Bereiche G und H wird ein ausgemittelter Wert angesetzt
 $c_{pE,10} = 0,42$ ($c_{p,G} = 0,7$ wirkt nur auf 1/10 der Sparrenlänge)

Damit: $w_k = 0,42 \cdot 0,65 \text{ kN/m}^2 = 0,275 \text{ kN/m}^2$

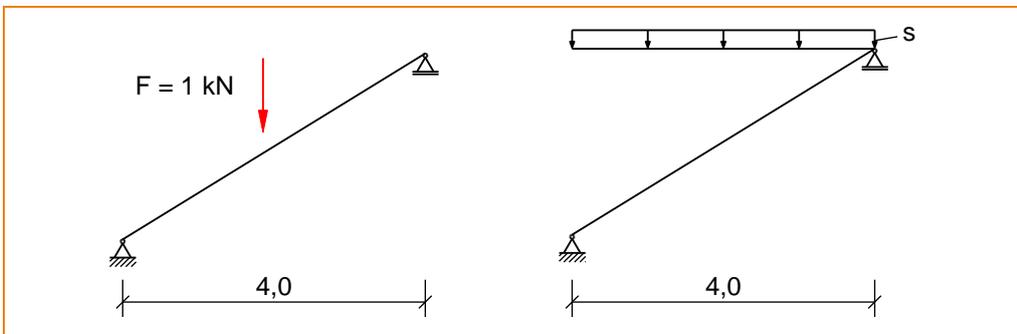
Eine Erhöhung für **Bauteile** des Tragwerkes wegen der Lasteinzugsfläche $< 10 \text{ m}^2$ ist nach EC1-1-4 nicht erforderlich!

Nutzlasten für nicht begehbare Dächer (Kategorie H nach EC1-1-1), sogenannte Mannlast:

Eine Überlagerung mit Schneelasten ist lt. Norm nicht erforderlich.

$F_{\text{Schnee}} = 0,71 \cdot 0,7 \text{ m} \cdot 4,0 \text{ m} \approx 2 \text{ kN} > 1 \text{ kN}$ (s. Abbildung unten)

„Mannlast“ nicht maßgebend!



Für die Sparrenbemessung muss zunächst die maßgebende Lastkombination, d. h. diejenige Kombination von Lasten, die zur ungünstigsten Bemessung führt, ermittelt bzw. festgelegt werden.

Bei Holzbauteilen sind nicht nur die Teilsicherheitsbeiwerte γ und die Kombinationsbeiwerte Ψ , sondern auch die Modifikationsbeiwerte k_{mod} zu berücksichtigen, mit denen der Einfluss aus dem Umgebungsklima und die Auswirkung der Lastdauer (KLED) auf die Materialfestigkeit erfasst werden.

Modifikationsbeiwert k_{mod}

Bauwerk: Garage \Rightarrow NKL 2; VH

Eigengewicht (Ständige Last):

$g_k = 0,70 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 32^\circ \cdot 0,70 \text{ m} = 0,42 \text{ kN/m}$ KLED = ständig $\Rightarrow k_{\text{mod}} = 0,60$

Schneelast: $H \leq 1000 \text{ m ü NN}$

$s_k = 0,71 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos^2 32^\circ \cdot 0,70 \text{ m} = 0,36 \text{ kN/m}$ KLED = kurz $\Rightarrow k_{\text{mod}} = 0,90$

Windlast:

$w_k = 0,275 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,70 \text{ m} = 0,19 \text{ kN/m}$ KLED = k. / s.k.* $\Rightarrow k_{\text{mod}} = 1,00$

*) Für Windlasten darf gemäß EC5-1-1/NA für k_{mod} das Mittel der KLED „kurz“ und „sehr kurz“ angesetzt werden.

Lastkombinationen

LK 1: Eigengewicht

$$g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 0,42 \text{ kN/m} = 0,57 \text{ kN/m}$$

LK 2: Eigengewicht + Schnee (als vorherrschende veränderliche Einwirkung) + Wind

$$p_d = \gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot s_k + \gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot w_k$$

$$= 1,35 \cdot 0,42 \text{ kN/m} + 1,50 \cdot 0,36 \text{ kN/m} + 1,50 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \text{ kN/m} = 1,28 \text{ kN/m}$$

LK 3: Eigengewicht + Schnee + Wind (als vorherrschende veränderliche Einwirkung)

$$p_d = \gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot s_k + \gamma_Q \cdot w_k$$

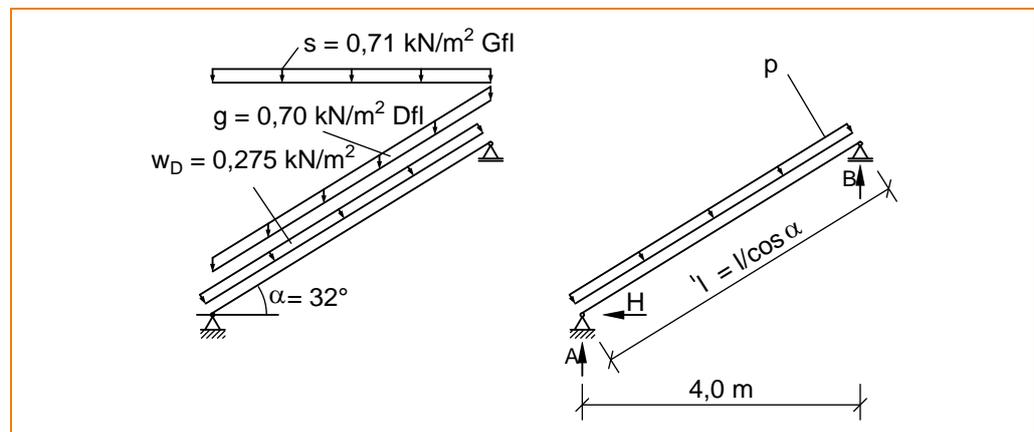
$$= 1,35 \cdot 0,42 \text{ kN/m} + 1,50 \cdot 0,5 \cdot 0,36 \text{ kN/m} + 1,50 \cdot 0,19 \text{ kN/m} = 1,12 \text{ kN/m}$$

Da es sich um einen Träger mit einer konstanten Streckenlast handelt, kann die maßgebende Lastkombination anhand des Quotienten „Einwirkungen p / k_{mod} “ bestimmt werden. Für die maßgebende Kombination gilt: $p / k_{\text{mod}} = \text{Max!}$

$$\text{LK 1: } 0,57 / 0,6 = 0,95$$

$$\text{LK 2: } 1,28 / 0,9 = 1,42 \rightarrow \text{maßgebend!}$$

$$\text{LK 3: } 1,12 / 1,0 = 1,12$$

Schnittgrößen

$$\max M = p \cdot l^2 / 8 = 0,125 \cdot 1,28 \cdot (4 / \cos 32^\circ)^2 = 3,56 \text{ kNm}$$

Bemessung

gewählt:

Sparrenabmessungen $b/h = 8/16$ cm C24; Sparrenabstand $e = 70$ cm

Biegenachweis

$$\frac{M_{F,d}}{W_n} \leq 1,0$$

$$f_{m,d}$$

$$M = \max M = 3,56 \text{ kNm}$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{8 \text{ cm} \cdot 16^2 \text{ cm}^2}{6} = 341 \text{ cm}^3$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 24 \text{ N/mm}^2}{1,3} = 16,62 \text{ N/mm}^2 \quad \text{für C24}$$

$$\frac{3,56 \text{ kNm}}{341 \text{ cm}^3} \cdot 10^3 = \frac{10,44}{16,62} = 0,63 < 1,0$$

Gebrauchstauglichkeit (Durchbiegungen)**Grundlagen**

Verformungen dürfen mit den charakteristischen Werten der Einwirkungen berechnet werden:

$$\gamma_G, \gamma_Q = 1,0$$

Auf der Widerstandsseite dürfen die mittleren Steifigkeitskennwerte verwendet werden:

$$E = E_{0,\text{mean}}$$

Im EC5-1-1 sind folgende Nachweise vorgesehen:

- elastische Anfangsdurchbiegung $w_{\text{inst}} < w_{\text{grenz}}$
- Enddurchbiegung w_{fin} unter Einschluss von sich im Laufe der Zeit einstellenden Kriechverformungen w_{creep} infolge (quasi)-ständiger Lasten

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{inst}} + w_{\text{creep}} < w_{\text{grenz}}$$

Dabei ist die elastische Anfangsdurchbiegung w_{inst} für die charakteristische Einwirkungskombination zu berechnen, d. h. für die veränderlichen Einwirkungen sind die Kombinationsbeiwerte Ψ_0 zu berücksichtigen:

Schnee $\Psi_0 = 0,5$ und Wind $\Psi_0 = 0,6$

Für die Enddurchbiegung w_{fin} ist zum so berechneten Wert w_{inst} der Kriechanteil in der quasi-ständigen Einwirkungskombination zu addieren, d. h. für die veränderlichen Einwirkungen sind die Kombinationsbeiwerte Ψ_2 zu berücksichtigen.

Für die veränderlichen Einwirkungen Schnee ($H \leq 1000 \text{ m}$) und Wind sind die Werte $\Psi_2 = 0$, so dass für die Dachsparren nur das Dacheigengewicht als kriecherzeugende Belastung verbleibt.

Die Kriechverformung berechnet sich zu: $w_{\text{creep}} = w_{G,\text{inst}} \cdot k_{\text{def}}$

Für Vollholz und NKL 2 ist $k_{\text{def}} = 0,8$

Als Grenzwerte w_{grenz} werden empfohlen:

- elastische Anfangsdurchbiegung $w_{\text{inst}} < l/300 = w_{\text{grenz}}$
- Enddurchbiegung $w_{\text{fin}} < l/200 = w_{\text{grenz}}$

Berechnung:

$$E_{0,\text{mean}} = 11000 \text{ MPa (Nadelholz, C24)} = 1100 \text{ kN/cm}^2$$

$$I_{\text{Sparren}} = 8 \cdot 16^3 / 12 = 2731 \text{ cm}^4$$

$$l_{\text{Sparren}} = 400 \text{ cm} / \cos 32^\circ \approx 472 \text{ cm}$$

$$g = \gamma_G \cdot g_k = 1,0 \cdot 0,42 \text{ kN/m} = 0,42 \text{ kN/m}$$

Maßgebend wird offensichtlich die charakteristische Einwirkungskombination mit Schnee als veränderlicher „Leiteinwirkung“ (s. LK 2 oben)

$$q = \gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot s_k + \gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot w_k =$$

$$= 1,0 \cdot 0,42 \text{ kN/m} + 1,0 \cdot 0,36 \text{ kN/m} + 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \text{ kN/m} \approx 0,9 \text{ kN/m}$$

Durchbiegung für Einfeldträger unter Gleichstreckenlast:

$$w = 5/384 \cdot p \cdot l^4 / (EI)$$

$$w_{\text{inst}} = (5/384) \cdot 0,9 \text{ kN}/(100 \text{ cm}) \cdot 472^4 / (1100 \text{ kN/cm}^2 \cdot 2731 \text{ cm}^4)$$

$$= 1,94 \text{ cm} > 472 / 300 = 1,6 \text{ cm}$$

Der empfohlene Grenzwert für die einzuhaltende elastische Anfangsdurchbiegung ist geringfügig überschritten. Für die Sparren eines Garagendaches wird das hier aber akzeptiert. In der Praxis sind derartige Überschreitungen der Durchbiegungsbegrenzung mit dem Bauherrn abzustimmen, oder die Querschnitte entsprechend anzupassen.

→ keine Querschnittsvergrößerung

$$w_{\text{creep}} = w_{G,\text{inst}} \cdot k_{\text{def}} = w_{\text{inst}} \cdot (g / q) \cdot k_{\text{def}} = 1,94 \cdot (0,42 / 0,9) \cdot 0,8 = 0,73 \text{ cm}$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{inst}} + w_{\text{creep}} = 1,94 \text{ cm} + 0,73 \text{ cm} = 2,67 \approx 2,7 \text{ cm} > 472 / 200 = 2,36 \text{ cm} = < w_{\text{grenz}}$$

Auch für die Enddurchbiegung ist der empfohlene Grenzwert geringfügig überschritten, was wie oben aber akzeptiert wird. → Keine Querschnittsvergrößerung



5 Modul 3 LSK 8: „Technische Gebäudeausrüstung“ (Schwerpunkt Hochbau)

5.1 Sanitäre Anlagen in Wohn- und Gewerbebauten

Eine Aufgabe von Technikern (m/w/d) liegt in der Planung haustechnischer Anlagen. Hierzu gehören neben Anlagen der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik (HLK) auch die der Sanitärtechnik (bzw. HLKS).

Planungen der Sanitärtechnik sind komplexe Aufgaben, bei denen eine Vielfalt an Normen und Vorschriften zu beachten sind.

5.1.1 Sanitärräume

Die Ausstattung von Wohngebäuden mit Sanitärräumen hat in Deutschland eine kurze, kaum 100 Jahre alte Geschichte. Erst mit dem Ausbau öffentlicher Trink- und Abwasseranlagen wurde der Einbau von WCs in Gebäuden - vielfach noch außerhalb der Wohnung auf halber Treppe - etabliert. Nach dem 2. Weltkrieg wurden zweckgebundene, kleine Bäder mit Wanne, Waschbecken und WC zum Standard. Mit fortschreitendem Wohlstand stiegen auch die Ansprüche an Sanitärräume, wobei anfänglich ein zusätzliches Gäste-WC und Anschlussmöglichkeiten für Wasch- und Spülmaschine gefordert wurden.

Die Aufteilungs- und Einrichtungsmöglichkeiten von Sanitärräumen sind so vielfältig, dass sie gegliedert betrachtet werden. Sinnvoll ist eine Unterteilung in Sanitärräume für:

- den Wohnungsbau bzw. den privaten Wohnbereich
- den gewerblichen Bereich
- den öffentlichen Bereich

sowie die barrierefreie Gestaltung.

Im Wohnungsbau wird die Ausstattung mit und von Sanitärräumen nach dem zu erzielenden Komfort unterschieden. In der DIN 18022 bzw. DIN E 18022-2 (ersatzlos zurückgezogen – wird aber weiterhin zur Planung genutzt) Küchen, Sanitärräume und Hausarbeitsräume im Wohnungsbau; Planungsdaten, sind Einrichtungen, Stell- und Bewegungsflächen sowie Abstände geregelt.

Als Standardausstattungen werden ein Bad mit Badewanne oder Dusche, Waschtisch und WC sowie eine Küche mit Spüle und Spülmaschine betrachtet. Ist kein separater Raum zur Wäschereinigung („Waschküche“) im Haus vorgesehen, gehört auch der Anschluss einer Waschmaschine dazu.

Im Komfort-Wohnungsbau hat sich hierzu die Alternativaufteilung in ein „Wannen-Bad“ und ein „Dusch-Bad“ jeweils mit Waschtisch und WC etabliert. Individualausstattungen des gehobenen Komforts beinhalten meist zwei Sanitärräume und eine Küche. Hier wird häufig die Kombination des Bades (ausgestattet mit Wanne und/oder Dusche, Waschtisch und WC) mit dem „Gäste-WC“ (ausgestattet mit Handwaschbecken und WC) gewählt.

5.2 Planung der Hausentwässerung

Grundsätzlich sind Entwässerungsanlagen so zu planen und zu errichten, dass eine einwandfreie Funktion gewährleistet ist. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist, dass die Anlagen nach Teil 100 der DIN 1986 bzw. DIN EN 12056 Teil 2 dimensioniert und so ausgeführt werden, dass auch eine Wartung nach Teil 5 DIN EN 12056 möglich ist.

Als Planungsgrundlagen werden benötigt:

Grundrisspläne aller Geschosse mit Darstellung der Entwässerungsgegenstände (mit dem Bauherren abstimmen) im Maßstab 1:100 für die Entwurfs- bzw. Vorplanung und im Maßstab 1:50 für die Ausführungsplanung.

Schnitte durch das Gebäude mit Angabe der Höhenlage

Ansichten des Gebäudes (z.B. zur Festlegung der Regenfallleitungen)

Lageplan des Gebäudes mit Höhenangaben, sowie Darstellung der öffentlichen Kanalisation mit der Höhenangabe der Kanalsole und der Kanaldeckel.

Antragsformulare und Bedingungen der Kommune zur Entwässerung mit „Kanalhöhenchein“ bzw. Angabe der Lage von Anschlussleitungen oder Anschlussmöglichkeiten.

Aus dem Lageplan bzw. den Angaben des örtlichen Tiefbauamtes ist ersichtlich, ob ein Trenn- oder Mischsystem vorliegt. Beim Mischsystem muss die Geruchsbelästigung durch Regeneinläufe (Hofeinläufe ohne Geruchverschluss, Regenwasserablaufstelle nahe dem Fenster) beachtet werden. Geruchverschlüsse sind frostfrei anzuordnen. Grundsätzlich sollen Abwässer über die „Schwerkraftentwässerung“ - also mit natürlichem Gefälle - entsorgt werden. Dazu ist die Höhenlage des Gebäudes mit der des öffentlichen Kanals zu vergleichen und die so genannte „Rückstauenebene“ zu beachten.

Als Rückstauenebene wird die Höhenlage verstanden, bis zu der sich Abwasser bei Überlastung oder Verstopfung in der öffentlichen Kanalisation rückstauen kann. Normalerweise wird die Kanaldeckelhöhe an der Anschlussstelle als Rückstauenebene festgelegt. Hier würde bei Rückstau Abwasser austreten und sich großflächig ausbreiten. Ein weiterer Anstieg ist nicht zu erwarten. Alle Entwässerungsgegenstände oberhalb der Rückstauenebene sollen über die Schwerkraft - soweit ausreichend Gefälle vorhanden - entwässert werden. Alle Gegenstände unterhalb der Rückstauenebene sind vor Rückstau zu schützen.

Bei der Festlegung der Rohrführung sind Belange des Schall- und des Brandschutzes zu beachten.

So dürfen nach DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ von der „Wasserinstallation“ - also der Trink- und Abwasserinstallation - in fremdgenutzten, schutzbedürftigen Räumen keine höheren Schallpegel als 35 dB (A) hervorgerufen werden. Zu diesem Zwecke sind Abwasserrohre schallentkoppelt zu installieren. Trennwände zu schutzbedürftigen Räumen, an denen Abwasserleitungen befestigt werden, müssen eine flächenbezogene Masse von mindestens 220 kg/m² besitzen. So muss beispielsweise ein Stein mit der Rohdichte von 1200 kg/m³, ohne Berücksichtigung des Putzes, eine Wandstärke von > 18 cm aufweisen. Die Einhaltung der minimalen flächenbezogenen Masse gilt auch für die Restwandstärke in Schlitzen.

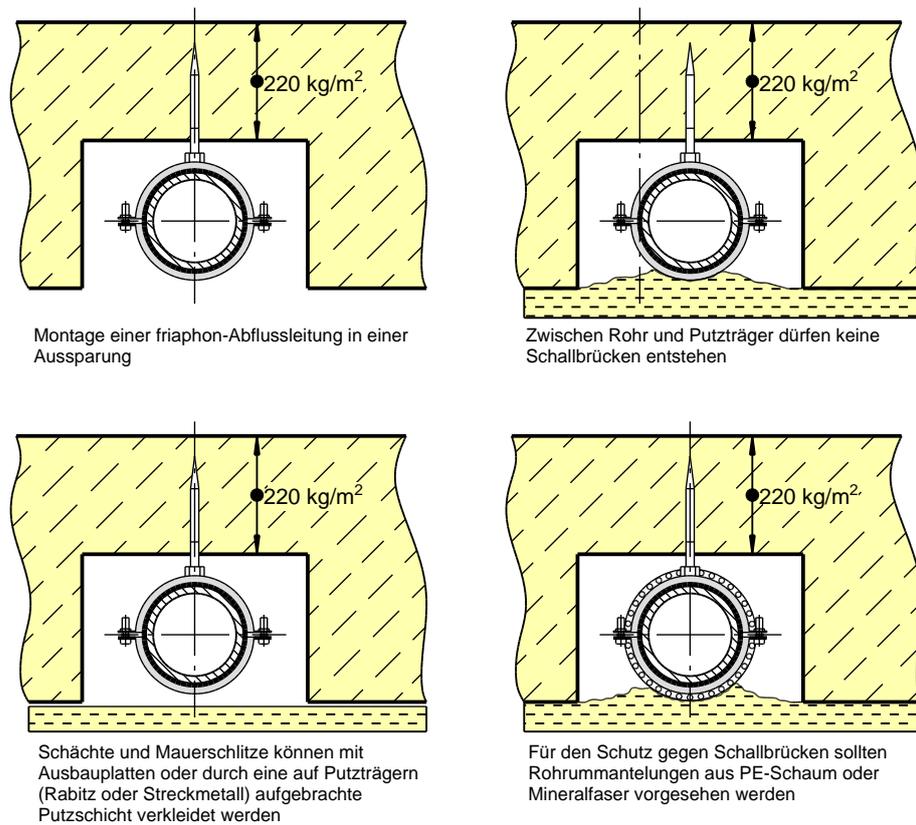


Abbildung 39: Verlegung von Abwasserleitungen in Aussparungen zu schutzbedürftigen Räumen

Durchlaufen Entwässerungsleitungen so genannte Brandabschnitte, so dürfen die Feuerwiderstandsklassen der Wände oder Decken nicht beeinflusst werden. Bei nicht brennbaren Leitungen, z.B. SML-Rohr, genügt es, Durchbrüche mit Mörtel oder Beton zu verschließen. Umhüllungen der Rohre (Schallschutz) sind aus Mineralfasern (Schmelzpunkt $\geq 1000\text{ °C}$) herzustellen. Brennbare Leitungen sind mit einer „Bekleidung“ aus mineralischem Putz ($\geq 15\text{ mm}$) oder Ähnlichem zu versehen bzw. in Installationsschächten mit entsprechender Abmauerung oder Verkleidung unterzubringen. In letzter Zeit werden auch Rohrabstottungen angeboten und eingesetzt. Diese müssen eine bauaufsichtliche Zulassung haben.



Abbildung 40: Brandschutzmanschette zur Abschottung von brennbaren Abwasserleitungen
© Rockwool

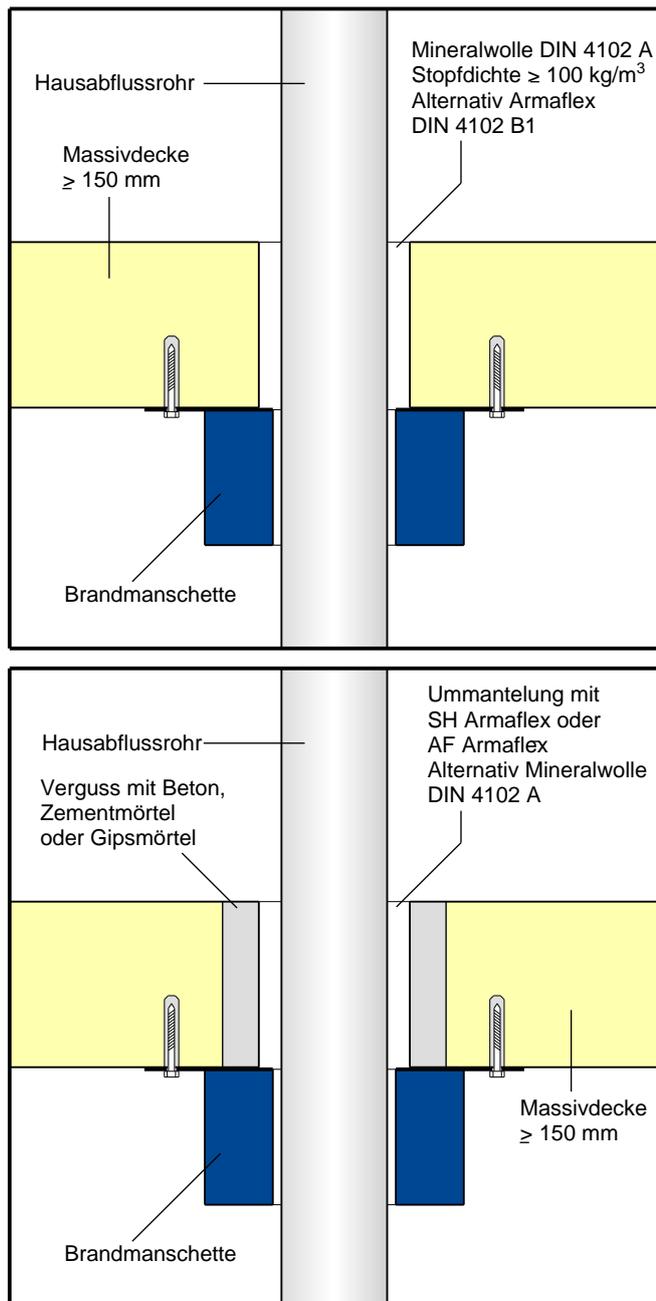


Abbildung 41: Einbau von Brand- und Schallschutzmanschetten

5.3 Heizungs- und Energietechnik

Techniker (m/w/d) analysieren Heizungsanlagen im Rahmen von Altbausanierungen, wie auch in der Projektierung von neuen Heizungsanlagen. Hierzu unterstützen sie, in Abhängigkeit der einsetzbaren Energieträger, die Entscheidungsfindung für das jeweils effizienteste System.

Neben der Entscheidung für das Heizsystem und die Abgasanlage benötigen Techniker (m/w/d) die Kenntnis der rechtlichen Grundlagen und Förderung für die Planung und Ausschreibung einer Heizungsanlage.

Im zweiten Teil dieses Kapitels werden daher die unterschiedlichen Energieträger vorgestellt. Vor dem Hintergrund abnehmender Ressourcen und der steigenden Umweltbelastung werden nicht nur fossile Energieträger angesprochen, sondern auch die zunehmend an Bedeutung gewinnenden regenerativen Energiearten.

Im Folgenden werden auch die diversen Typen von Heizungsanlagen in Hinblick auf die vorgestellten Energiearten umrissen und mit allgemeinen, unspezifischen Aspekten zu Heizungsanlagen in Verbindung gebracht.

5.3.1 Moderne Heizungsanlagen im Überblick

Die Wärmeerzeugung für die Raumbeheizung kann nicht nur durch die Verbrennung fester, flüssiger und gasförmiger Brennstoffe erfolgen, sondern auch z.B. durch die Nutzung der Umweltenergie mittels einer Wärmepumpe oder durch Nutzung anderer Energiequellen. In der nachfolgenden Zusammenstellung sind die geläufigsten Benennungen bezüglich der Wärmeerzeugung aufgezählt:

Ölheizung (schweres Heizöl, leichtes Heizöl usw.)

Gasheizung (Erdgas, Stadtgas usw.)

Festbrennstoffheizung (Koks, Kohle, Holz, Stroh, Torf usw.)

Elektroheizung

Wärmepumpenheizung

Kraftwärmekopplung

Solarheizung

Abwärmeheizung

Kombination unterschiedlicher Wärmeerzeugungsarten (z.B. Umstellbrandkessel)

In der Heizungsanlage ist Wärme bspw. über Brennwärtekessel (im Weiteren auch BWK) bedarfsgerecht für

Lüftungsanlagen,

Warmwasserbereitung,

Raumheizung,

und weiter technische Prozesse

zu erzeugen.

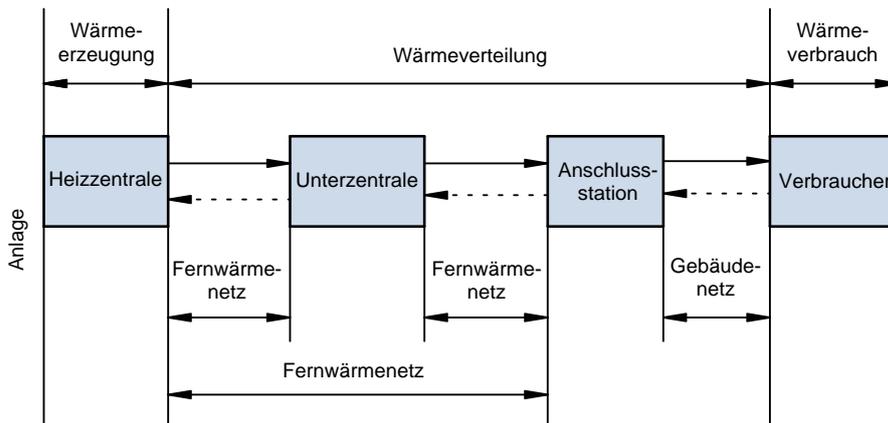


Abbildung 42: Mögliche Struktur der Wärmeversorgung von Erzeugung bis Verbrauch

Dabei kann eine solche Anlage, je nach Liegenschaft, einen unterschiedlich ausge-dehten Umfang ausmachen. Unterzentralen sind keinesfalls obligatorisch. Dabei werden die Anlagen in Primär- (Wärmeerzeugung und -verteilung) und Sekundäranlagen (Wärmeverbrauch) unterteilt.

5.3.2 Brennwertgeräte

Um das Prinzip eines BWK in Vergleich zu herkömmlichen Kesseln charakterisieren zu können, wird hier kurz auf das latente Potential eingegangen. Übergeordnet existieren die folgenden zwei Kennwerte:

Heizwert eines Brennstoffs mit der, bei seiner Verbrennung maximal nutzbaren Wärmemenge.

Brennwert. Hier handelt es sich um die zusätzliche Einbeziehung des latenten Potentials – also die latente Wärme in Form der im Brennstoff enthaltenen thermischen Energie unter Nutzung der Kondensationsenthalpie im Abgas.

Im Wesentlichen funktioniert die Verbrennung in einem BWK so, wie bei anderen Kesseln auch. Im Folgenden soll der Hauptunterschied (Kondensation) visuell und verbal hervorgehoben werden. Gas und Luft werden der Brennkammer hinzugefügt und dort verbrannt. Die durch den Verbrennungsprozess gewonnene Wärme wird über den Wärmeübertrager 1 dem Vorlauf des Verbraucherkreises zugefügt. Um sich die Kondensation zunutze zu machen, wird sich Wärmeübertrager 2 bedient, der durch den kälteren Rücklauf des Verbraucherkreises gespeist wird. Hier wird das Abgas unter seine Taupunkttemperatur gebracht (ca. 52 ° C) und das kondensierte Wasser gibt wiederum seine Wärme an den Vorlauf des Verbraucherkreises ab. Abgas und Kondensat werden gesondert aus dem Prozess abgeführt.

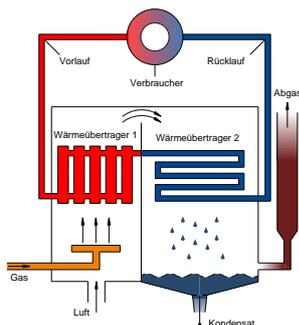


Abbildung 43: Vereinfachte Prinzip-Skizze Brennwertkessel

Der **Brennwertkessel** ist ein Niedertemperaturkessel, der zusätzlich Energie bei der Kondensation des Wasserdampfes im Abgas nutzt. Zur Erinnerung wird dessen η via gestrichelte Linie als Funktion der Last zusätzlich zu der eines Brennwertkessels gezeigt:

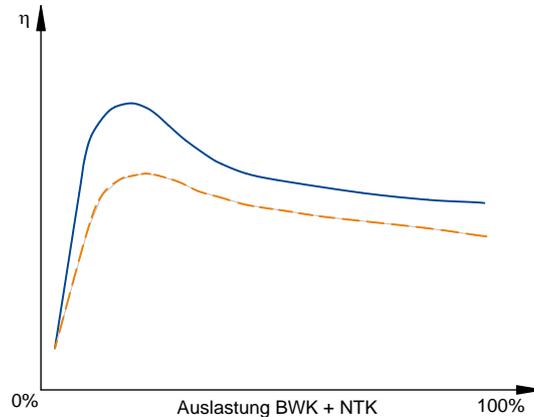


Abbildung 44: Wirkungsgrade, η in Abhängigkeit der Last

Brennwertgeräte sind durch ihre besondere Konstruktion bzw. durch zusätzliche Wärmeaustauschflächen in der Lage, den Abgasen die sensible (fühlbare) Wärme und teilweise auch die latente (gespeicherte) Verdampfungswärme zu entziehen und dem Heizsystem zuzuführen. Hierdurch kommt es zu einer gewollten Taupunktunterschreitung innerhalb des Gerätes. Diesbezüglich sind Brennwertgeräte mit einem Kondensatablauf zu versehen. Auch in dem nachgeschaltetem Abgassystem kommt es zu einer Nachkondensation und entsprechend sind auch diese über einen separaten Entwässerungsanschluss bzw. über das Brennwertgerät zu entwässern.

Wegen der niedrigen Abgastemperaturen können die Abgase in der Regel nicht mehr durch den natürlichen Auftrieb über Dach abgeführt werden. Daher werden abgas- oder verbrennungsluftseitige Gebläse notwendig, die in der Regel im Brennwertgerät installiert sind. Zur Abgasabführung müssen feuchteunempfindliche Schornsteine oder Abgasleitungen vorgesehen werden. Für die Brennwertnutzung kommen nur gasförmige und flüssige Brennstoffe mit hohem Wasseranteil im Abgas in Frage. Voraussetzung für die Brennwertnutzung ist, dass das Heizungssystem mit niedrigen Vorlauftemperaturen von ca. 45 °C betrieben wird, d.h. eine Niedertemperaturheizung wie z.B. Flächenheizungen (Fußbodenheizungen) ist erforderlich. Durch die Brennwerttechnik wird ein Gewinn bezogen auf den Jahresnutzungsgrad gegenüber den anderen Heiztechniken von 15-20 % bei conv. Heizkesseln und 5-10 % bei NT-Heizkesseln erzielt.

Gas-Umlaufwassererhitzer (Thermen) erzeugen Heizwasser auf engstem Raum. Die obere Grenze ihrer Leistungsfähigkeit liegt bei 24-35 kW, was im Allgemeinen für die Beheizung von Ein- und Zweifamilienwohnhäusern ausreicht. Bei Mehrfamilienwohnhäusern finden sie als Stockwerksheizung Verwendung. Eine Leistungsregelung passt die Geräteleistung dem jeweiligen Wärmebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung an. Vorteile solcher Anlagen sind die niedrigen Anschaffungskosten, der minimale Platzbedarf sowie das Entfallen von Heizräumen.

5.3.3 Holzheizungen

Pelletkessel

Das Heizen mit Holz ist vermutlich die älteste Form der Wärmegewinnung. Gerne werden Kaminöfen verwendet, um einzelne Räume zu beheizen oder Kachelöfen beheizen bei günstiger Anordnung direkt mehrere Räume. Da diese aber manuell bestückt werden müssen, erscheint den meisten Hausbesitzern dies aber als zu aufwändig.

Aus diesem Grunde wurden (Holz-)Pellets entwickelt. Pellets sind zylindrisch genormte Holzpresslinge. Sie werden aus naturbelassenem Restholz (Späne, Verschnitte, etc.) aus Sägewerken oder der Holzverarbeitenden Industrie hergestellt.



Abbildung 45: Holzeinschnitt im Sägewerk, © Deutsches Pelletinstitut, unter Verwendung von Bildern von mipan/123RF.com und Can Stock Photo/dusan964

Pellets haben gegenüber Scheitholz und Hackschnitzeln den Vorteil, dass sie durch ihre Trockenheit und hohe Dichte einen höheren Heizwert aufweisen. Sie lassen sich einfach lagern und können deshalb ähnlich gut, wie Heizöl in Tankwagen oder in Säcken transportiert werden und ermöglichen eine automatische Beschickung des Heizkessels.

Die wesentlichen Eigenschaften von Holzpellets werden in der europäischen Norm ISO 17225-2 beschrieben. Die Norm unterscheidet die Qualitätsklassen A1, A2 und B. Für den Heizungsmarkt sind die Qualitätsklassen A1 und A2 von Bedeutung: Als Brennstoff für den privaten Bereich wird ausschließlich die Qualität A1 empfohlen.

Die Qualitätskategorie A2 wird für größere Kessel über 100 kW genutzt, wie sie im gewerblichen Bereich anzutreffen sind. Die Qualitätsklassen unterscheiden sich in erster Linie durch den Aschegehalt und die Ascheschmelztemperatur.

Das Qualitätssiegel ENplus garantiert, dass die Qualität der gelieferten Pellets tatsächlich den in der Norm angeführten Werten entspricht.

Die relevanten Normen:

EU-Norm ISO 17225-2: Holzpellets für nichtindustrielle Verwendung

EU-Norm ISO 20023: Sichere Handhabung und Lagerung von Holzpellets

EN 303-5: Heizkessel für feste Brennstoffe



Abbildung 46: Holzpellets

Tabelle 14: Heizwert verschiedener Energieträger

Brennstoff	Energieinhalt (kwh)	Gewicht (kg)	Volumen (Liter)
Scheitholz	10	2,50	5,0
Hackschnitzel	10	2,50	12,5
Pellets	10	2,00	3,0
Heizöl	10	0,86	1,0
Erdgas	10	0,84	1000,0

Das Grundprinzip einer Holzpellettheizung unterscheidet sich nicht von dem einer Gas- oder Ölheizung. Der Brennstoff wird automatisch nachgeführt und die durch die Verbrennung dieses Brennstoffes entstehende Wärme wird an ein Wärmeübertragungsmedium (im Regelfall Wasser) übergeben und damit verteilt.

Bevor der eigentliche Verbrennungsvorgang beginnen kann, muss der Brennstoff zunächst zur Brennkammer gelangen. Halbautomatische Pelletheizungen verfügen über einen Vorratsbehälter, in den Anlagenbesitzer die Pellets per Hand füllen müssen. Vollautomatische Pelletheizungen hingegen sind über ein Fördersystem mit dem Lagerraum verbunden.

Für die Verbrennung der Pellets ist eine Luftzufuhr unerlässlich. Pelletkessel sind mit einer Primär- und Sekundärluftregelung (Aschenachverbrennung) ausgestattet und ermöglichen dadurch eine gestufte Verbrennung. Diese sorgt für eine hohe Effizienz und gleichzeitig für niedrige Emissionen. So werden die Pellets fast vollständig verbrannt und es ergibt sich ein Wirkungsgrad von 90%. Die Reinigung des Wärmetauschers erfolgt über eine Rüttleinrichtung, die je nach Bauart automatisch oder manuell ausgelöst wird. Dies gewährt einen dauerhaft guten Wärmeübergang.

Die Verbrennung erfolgt auf einem Rost durch den die entstehende Asche fällt und über eine Entaschungsschnecke in den Ascheauffangbehälter gefördert wird.

Der Aschebehälter muss ein- bis zweimal im Jahr händisch geleert werden.

Über ein Steuerungsmodul wird die Leistung des Kessels geregelt und der Füllstand des Pelletlagers kontrolliert.

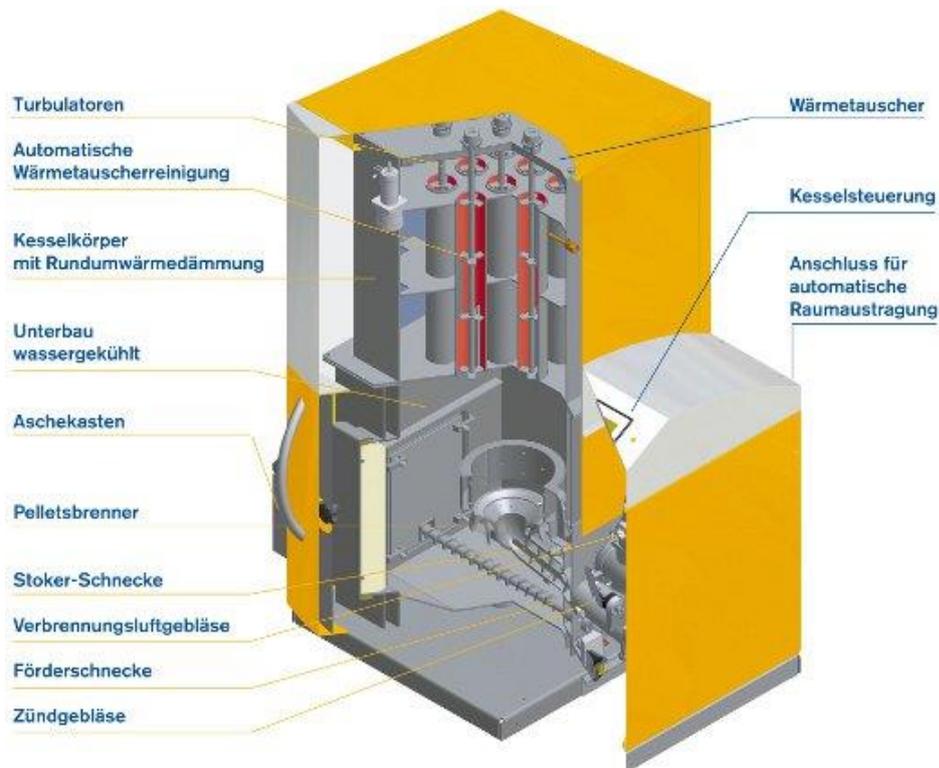


Abbildung 47: Aufbau eines Pelletkessels, © Bosch Thermotechnik GmbH (Junkers)

Hackschnitzelkessel

Hackgutkessel, auch Hackschnitzelheizung genannt, werden mit Biomasse in Form von Holzhackschnitzeln betrieben. Holzhackschnitzel sind mit schneidenden Werkzeugen zerkleinertes Holz. Üblicherweise wird Restholz von Baum-Verschnitten, nicht mehr zu verwendbaren Nutzhölzern und Windbrüchen verwendet.



Abbildung 48: Holzhackschnitzel

Hackschnitzel sind günstiger als Pellets. Das liegt daran, dass Hackschnitzel weniger bearbeitet werden müssen. Sie kosten bei gleichem Heizwert etwa ein Drittel weniger als Pellets. Doch dieser Vorsprung bei den laufenden Kosten wird durch einen höheren Aufwand an Wartung wieder verkürzt.

Scheitholzessel

Im Gegensatz zu Pellet- oder Hackschnitzel-Kesseln müssen Scheitholzessel manuell beschickt werden. Durch einen großen Füllschacht ist es aber oftmals nicht nötig, häufiger als 1x am Tag Scheitholz nachzulegen, wenn die während des Verbrennungsvorgangs entstehende Wärme in einem ausreichend dimensionierten Pufferspeicher zwischengespeichert wird.



Abbildung 49: Scheitholz



Abbildung 50: Schnittzeichnung Scheitholzessel Fabrikat HDG Typ Euro 30-50, © HDG Bavaria GmbH

Scheitholzessel werden oft als Holzvergaserkessel ausgeführt. Das Holz wird dabei dem Verbrennungsraum chargenweise zugeführt und wenn der Kessel angefeuert wird, verdampfen durch die Wärme des brennenden Holzes alle flüchtigen Holzbestandteile entsprechend ihrer Verdampfungspunkte (beispielsweise Terpene), was als Holzvergasung bezeichnet wird. Dies wird auch als direkte Pyrolyse bezeichnet.

Die Holzgase, die aufgrund des statischen Auftriebs zuerst aufsteigen, verbrennen in der Brennkammer. Die Verbrennung in der Brennkammer erwärmt die Wärmetauscherflächen und damit das Wasser, das als Wärmeträger durch das Heizungssystem gepumpt werden kann.

Die für den Verbrennungsprozess benötigten Luftmengen werden je nach Hersteller und Bauart manuell eingestellt oder elektronisch geregelt. Bei Kesseln mit elektronischer Regelung werden entweder nur das Saugzuggebläse bzw. das Druckgebläse drehzahl geregelt oder zusätzlich auch die Menge der Sekundärluft geregelt, wobei der Restsauerstoffgehalt der Abgase permanent mit einer Lambdasonde gemessen werden muss.

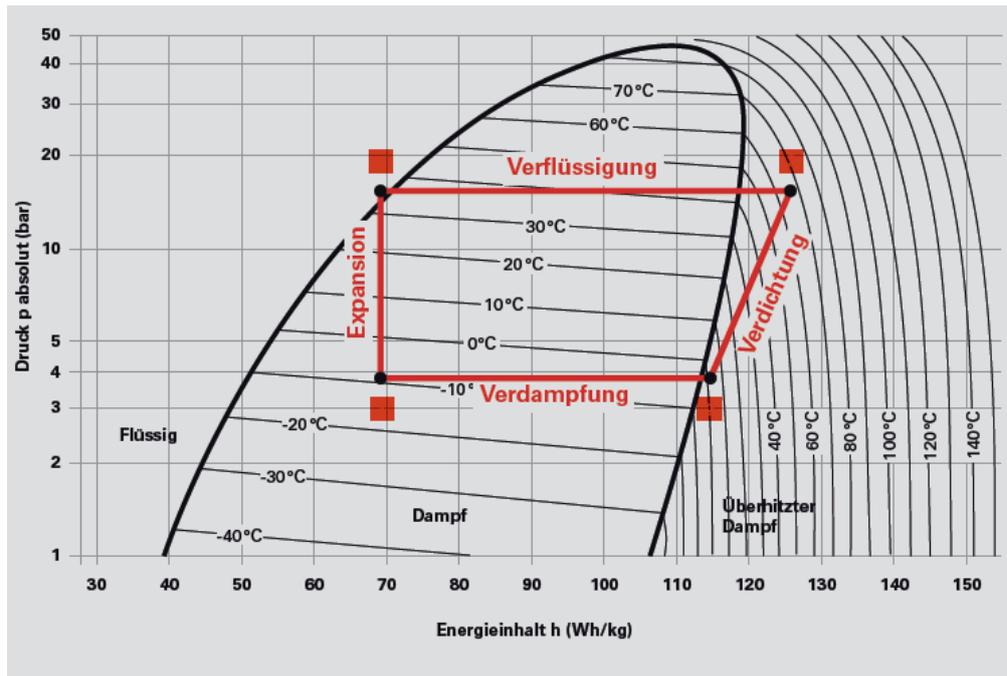
Wie alle Holzheizkessel benötigt auch ein zur Wassererwärmung dienender Holzvergaserkessel eine Rücklaufanhebung zur Vermeidung der Bildung aggressiver Kondensate (siehe auch Kapitel 2.4) und Teerablagerungen bei Rücklauftemperaturen unter 55 °C. Wie alle Feststoffbrennkessel ist ein Holzvergaserkessel zudem mit einer thermischen Ablaufsicherung zu versehen.

Je nach Holzart unterscheidet sich der Heizwert von Holz. Eine Übersicht mit den Heizwerten der gängigsten Holzarten finden Sie im Tabellenbuch in der Tabelle „Heizwerte von getrocknetem Holz je kg, Festmeter Fm und Raummeter Rm“. Auch die Definitionen für Festmeter und Raummeter können Sie im Tabellenbuch finden: Tabelle „Einheiten der Holzmasse“.

Aufgrund der sperrigen Scheite ist insbesondere der Platzbedarf für das Brennholz ein ausschlaggebendes Kriterium für die Verwendung einer Scheitholzheizung. In diesem Zusammenhang ist es daher wichtig, den Heizwert in Bezug zum Raumbedarf des Brennholzes zu setzen. Daher kommt insbesondere dem Wert kWh/Rm eine große Bedeutung zu.

5.3.4 Wärmepumpen

Wärmepumpen dienen dazu, Wärme, die auf niedrigem Temperaturniveau in der Umwelt (z.B. Luft, Grundwasser, Erdreich usw.) bzw. in verfahrenstechnische Anlagen (z.B. Abwärme aus Industrieanlagen, Lüftungsanlagen, Stallungen usw.) zur Verfügung steht, technisch nutzbar zu machen. Dazu wird über einen thermodynamischen Prozess die vorhandene Wärmeenergie unter Aufwendung mechanischer Energie auf ein technisch auswertbares Temperaturniveau angehoben. Die Wärmepumpe entzieht also ihrer Umgebung Wärmeenergie und „pumpt“ die Temperatur dieser Wärme hoch, damit diese oberhalb der Prozesstemperatur (z.B. Heizung) kommt und somit übertragen werden kann. Die Nutzbarmachung dieser physikalischen Gesetze findet in einem thermodynamischen Kreisprozess statt, wobei in einem geschlossenen Kreislauf ein Kältemittel durch Änderung von Aggregatzustand, Druck oder Temperatur Wärme aufnehmen, transportieren und wieder abgeben kann. Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Wärmepumpen, die **Kompressionswärmepumpen** und die **Absorptionswärmepumpen**.



Beim Betrieb der Wärmepumpe durchläuft das Kältemittel folgende Zustandsänderungen:

- 1-2 Verdampfung**
Das Kältemittel verdampft. Die dafür notwendige Energie (Verdampfungsenthalpie) wird der Umwelt, z. B. der Außenluft entzogen.
- 2-3 Verdichtung**
Der Verdichter erhöht mit Hilfe seiner Antriebsenergie den Druck und damit die Temperatur des Kältemitteldampfes. Die Enthalpie (der Energieinhalt) nimmt zu.
- 3-4 Verflüssigung**
Der Kältemitteldampf wird durch Kondensation verflüssigt, wobei die aufgenommene Umweltenergie plus die vom Verdichter eingebrachte Antriebsenergie wieder abgegeben werden.
- 4-1 Expansion**
Das Kältemittel wird entspannt, d. h. mit Hilfe eines Expansionsventils werden Temperatur und Druck des Kältemittels auf das Ausgangsniveau gebracht. Das Medium kann wieder verdampft werden und der Prozess beginnt erneut.

Abbildung 51: Thermodynamischer Kreisprozess, © Viessmann Climate Solutions SE

Kompressionswärmepumpen mit Antrieb durch Elektromotoren werden in der Regel in einem Leistungsbereich bis rund 200 kW für die Heizungs- und Brauchwassererwärmung eingesetzt. Auf Grund der eingesetzten Kältemittel erreichen diese Wärmepumpen Heizwassertemperaturen von 55-60 °C und sind daher auf Niedertemperaturheizsysteme beschränkt.

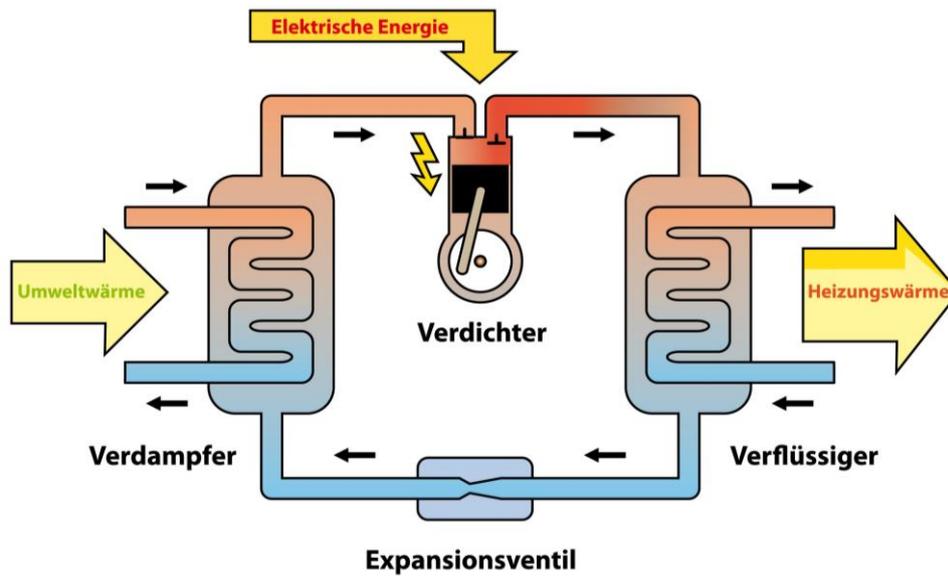


Abbildung 52: Aufbau Wärmepumpe

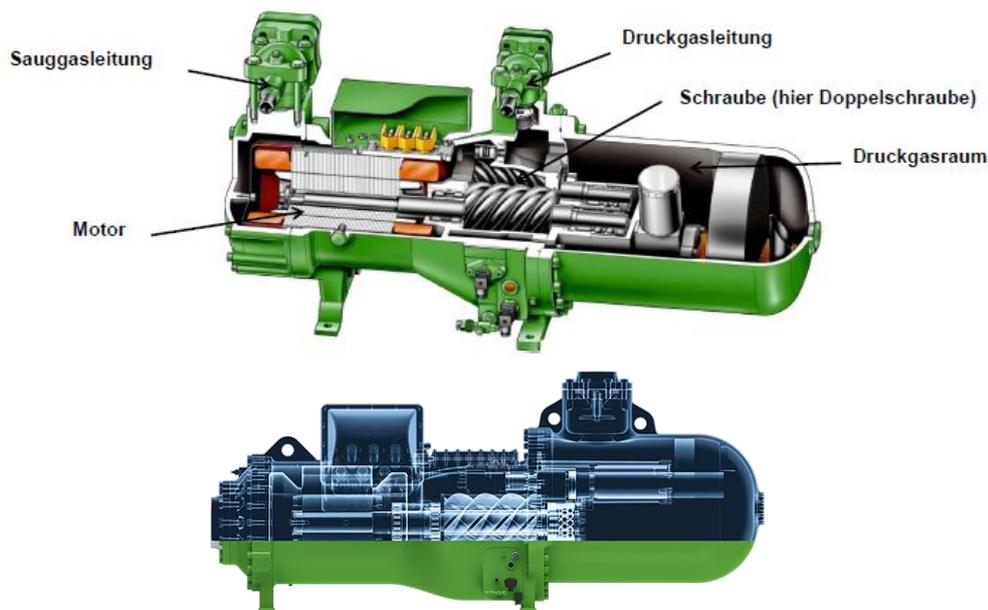


Abbildung 53: exemplarischer Aufbau eines Verdichters – hier Schraubenverdichter
© BITZER Kühlmaschinenbau GmbH

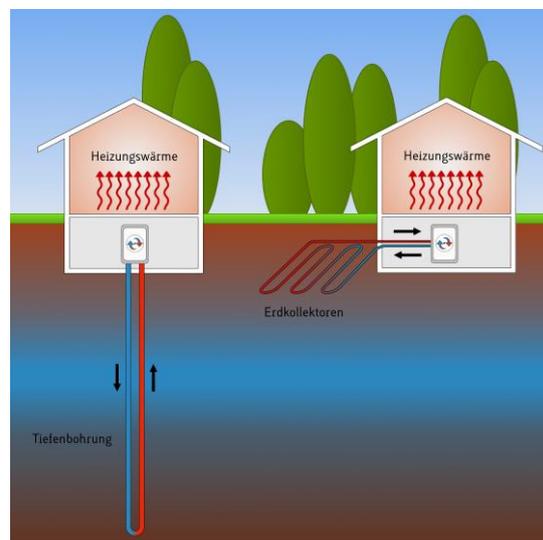
Für Wärmepumpenanlagen werden verschiedene Wärmequellen genutzt. **Luft** ist überall vorhanden und damit das am leichtesten zugängliche Energiepotential. Wenn aber die in ihr enthaltene Wärme zu Heizzwecken genutzt werden soll, muss sie gerade deshalb differenziert nach ihrer Herkunftsart, Umgebungsluft, Abwärme aus Abluft und Umweltwärme durch Energieabsorber, beurteilt werden. Die tiefste Außentemperatur, ohne dass Gefahr von Vereisung besteht, beträgt etwa 3-4 °C.

Grundwasser bietet die Möglichkeit der ganzjährigen Energieentnahme. Das annähernd gleichbleibende Temperaturniveau der Wärmequelle erlaubt einen monovalenten (alleinigen) Wärmepumpenbetrieb bei konstanter Leistungszahl. Benötigt werden ein Förderbrunnen und ein Schluckbrunnen, der das um 4-6 K von der Wärmepumpe abgekühlte Wasser wieder aufnimmt. Für die Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle ist eine Genehmigung einzuholen. Darauf hinaus sollte nicht auf eine vorherige Wasseranalyse verzichtet werden. Ungeeignet ist Grundwasser mit hohem Eisen- oder Mangengehalt, hohem pH-Wert oder großen Mengen freier Kohlensäure, Chloriden, Nitraten und Ammonium. Bei diesen Stoffen besteht zum einen die Gefahr aggressiver Korrosion im Wärmetauscher und zum anderen einer Verockerung der Brunnenanlagen.

Unter **Erdreich** versteht man im Zusammenhang mit einer Wärmepumpe die obere Erdschicht bis zu einer Tiefe von rund 2 m. Dieser nahezu beliebig große Wärmespeicher wird in der warmen Jahreszeit durch Sonneneinstrahlung und einsickerndes Regenwasser aufgeladen und kann in der kalten Jahreszeit dann künstlich wieder entladen werden. Schon in geringer Erdtiefe von 1-1,5 m liegen die Bodentemperaturen ganzjährig in einem Temperaturbereich, der den monovalenten Betrieb einer Wärmepumpe ermöglicht.

Der Entzug von Erdwärme erfolgt über Rohrkreissysteme, die entweder als Erdkollektoren oder Erdsonden ausgebildet sind. In ihnen zirkuliert eine frostsichere Wärmeträgerflüssigkeit, meist Sole. Diese Sole durchströmt in der genannten Form das Erdreich, nimmt dort Wärme auf und fließt anschließend zur Wärmepumpe zurück, wo ihr die Wärme entzogen wird. Je feuchter der Boden ist, desto besser eignet er sich als Wärmequelle. Je kW Heizleistung sind je nach Bodenbeschaffenheit 20-40 m² unbebaute Erdoberfläche erforderlich.

Für heiztechnische Einrichtungen kann auch die **Sonnenenergie** als Wärmequelle benutzt werden. Da sich Sonnenenergieangebot und Heizwärmebedarf gegenläufig verhalten, sowie Kälte- und Schlechtwetterperioden überbrückt werden müssen, sind aufwändige Speichersysteme erforderlich. Um den Aufwand in Grenzen zu halten, können Solaranlagen durch andere Heizungsanlagen ergänzt werden. Zur Erwärmung von Gebäuden, die in den Grenzen der EnEV errichtet werden, ist die Solartechnik auf Grund des gegenläufigen Verhaltens von Energieangebot und Heizwärmebedarf nur begrenzt einsetzbar. Niedrigenergiehäuser lassen sich besonders in den Übergangszeiten gut mit Solarenergie beheizen, Nullenergiehäuser können über Saisonspeicher fast vollständig beheizt werden.

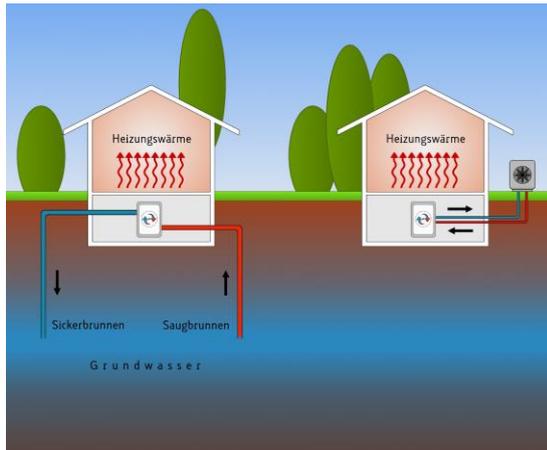


Erdreich

links Tiefenbohrung, rechts Flachkollektoren

gute Verfügbarkeit
hohe Effizienz

Abbildung 54: Wärmequellen für Wärmepumpen (Erdreich)



Grundwasser

selten verfügbar
 besonders hohe Effizienz

Luft

hervorragende Verfügbarkeit
 geringste Investitionskosten

Abbildung 55: Wärmequellen für Wärmepumpen (Grundwasser und Luft)

Leistungszahl

Das Verhältnis zwischen der an das Heizsystem abgegebenen Wärmeenergie und der elektrischen Energie, welche für den Betrieb des Kompressors eingesetzt wird, wird als Leistungszahl (auch COP = Coefficient of Performance genannt) bezeichnet.

Dabei bedeutet eine Leistungszahl von 4, dass mit Hilfe von 1 kW zugeführter elektrischer Leistung 4 kW Heizleistung entstehen.

Die Berechnung der Leistungszahl erfolgt nach einer festgelegten Norm so dass ein Vergleich von Wärmepumpen damit möglich ist. (nach DIN EN 14511).

Die Leistungszahl wird dabei für verschiedene Betriebspunkte ermittelt.

Tabelle 15: Betriebspunktangaben und deren Erklärung

Betriebspunkt	Erklärung
A2/W35	Lufttemperatur 2 °C, Vorlauftemperatur 35 °C
A7/W35	Lufttemperatur 7 °C, Vorlauftemperatur 35 °C
W10/W35	Grundwassertemperatur 10 °C, Vorlauftemperatur 35 °C
B0/W35	Soletemperatur 0° C, Vorlauftemperatur 35 °C
E4/W35	Erdreichtemperatur 4 °C, Vorlauftemperatur 35 °C

Der erste Buchstabe gibt den Energieträger an, dem Wärme entzogen wird:

- A = (Air) Luft
- W = (Water) Wasser
- B = (Brine) Sole
- E = (Earth) Erde

Die erste Zahl gibt die zugrunde gelegte Temperatur des Energieträgers an. Der zweite Buchstabe gibt das Medium an, an das die Wärmeenergie übergeben wird. Die Abkürzungen entsprechen denen für den ersten Buchstaben. Die zweite Zahl gibt die Temperatur an, auf die das zu erwärmende Medium in diesem Betriebspunkt erwärmt wird.

Das geothermische Profil ist regional unterschiedlich und lässt sich wie folgend betrachten:

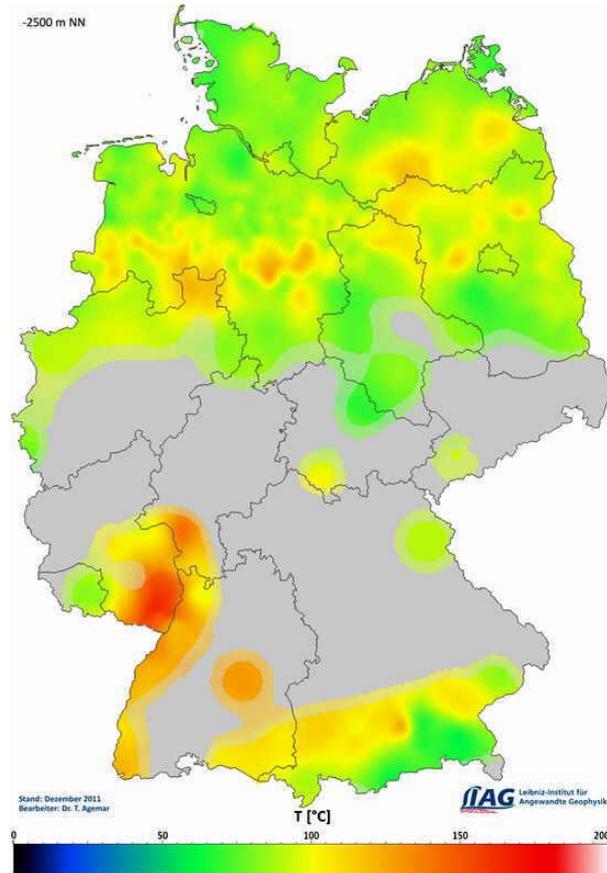


Abbildung 56: Geothermisches Profil Deutschland bei einer Höhe von 2500m NN
© LIAG (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik)

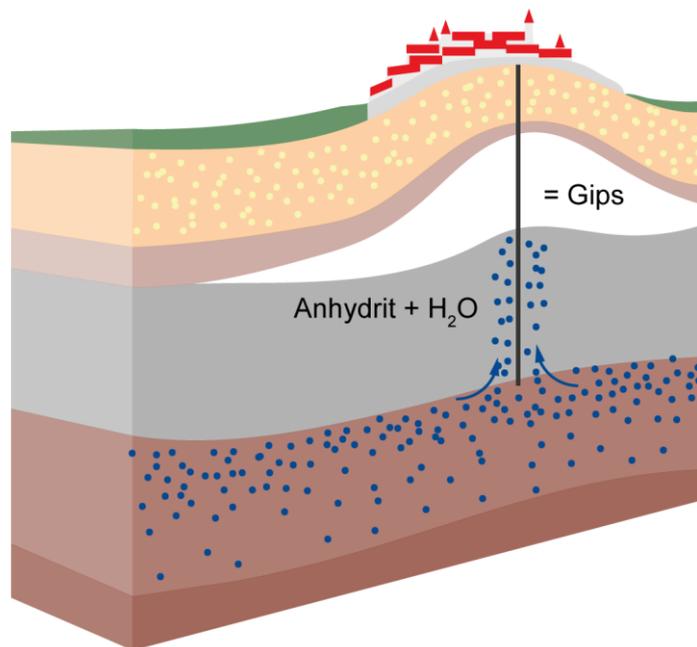


Abbildung 57: Gefahren der Bohrung

Gefahren der Bohrung:

Durchmischung verschiedener Grundwasserschichten

Durchstoßen der Anhydritschicht



Abbildung 58: Schäden durch Anhebung der Erdoberfläche, Staufen, © Klaus Gebhard, Stuttgart

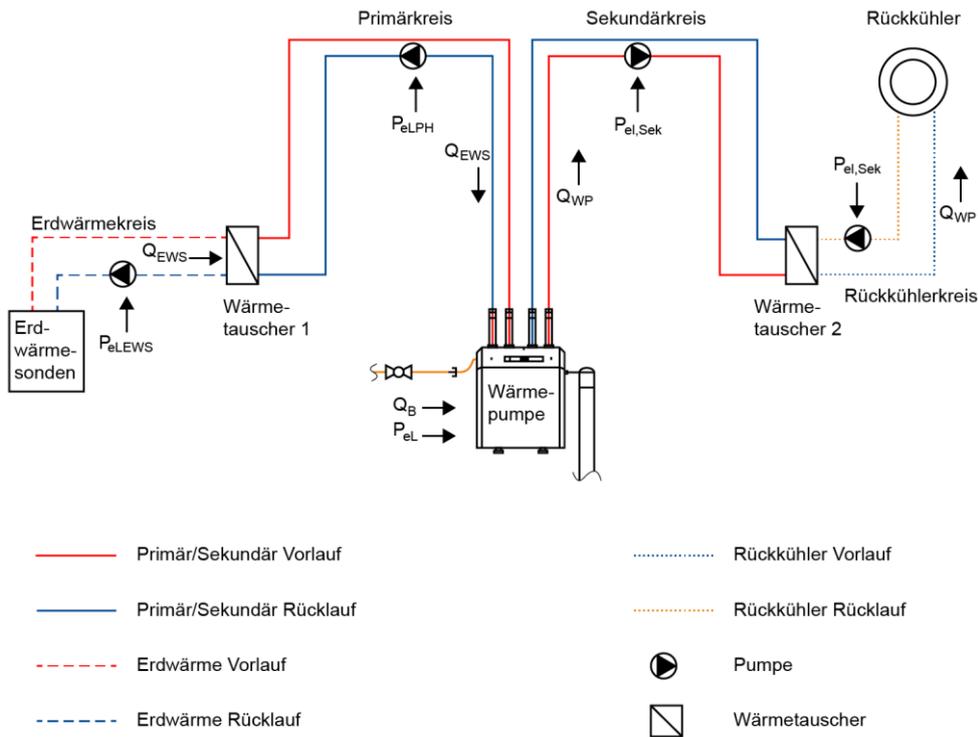


Abbildung 59: Beispiel Hydraulik Wärmepumpe

5.3.5 Blockheizkraftwerke

Biogase oder Biotreibstoffe werden gespeichert, zur Wärmeerzeugung verbrannt oder in modifizierten Hubkolbenmotoren oder Brennstoffzellen zum Antrieb oder zur Stromerzeugung genutzt.

Wenn auch nur bedingt natürlicherweise erneuerbare Biomasse, so zählen Abfalldeponien im Sprachgebrauch gleichwohl zu den erneuerbaren Energiequellen: Ihre Entgasung (Deponiegas, Klärgas) und die anschließende Nutzung des gewonnenen mittelenergetischen Gases in Gasmotor-Blockheizkraftwerken ist Stand der Technik. Die Rest- und Abfallstoffe der Land- und Forstwirtschaft in Deutschland energetisch genutzt, genügten, um deren gesamten Energiebedarf zu decken.

Immer stehen um den Rohstoff Biomasse energetisch im Wettbewerb:

Die thermische Nutzung durch Verbrennung
oder die vorangehende Vergasung
oder/und anschließende Verbrennung
oder Verflüssigung zu Biotreibstoffen,
Bioalkoholen,
allgemein Agrarkraftstoffen.

Die Kohlendioxidbilanz von Biomasse ist ausgeglichen:

Ebenso viel Kohlendioxid, wie in der Lebensdauer von Biomasse fixiert wurde, wird beim natürlichen oder anthropogenen Abbau wieder freigesetzt.

Kraft-Wärme-Kopplung ist die gleichzeitige Gewinnung von mechanischer (in Praxis meist nach weiterer Transformation elektrischer) und thermischer Nutzenergie aus anderen Energieformen mittels eines thermodynamischen Prozesses in einer technischen Anlage.

Eine gekoppelte Erzeugung von „Kraft“ und „Wärme“ kann prinzipiell erfolgen durch:

Auskopplung von „Wärme“ bei der Stromerzeugung,

Auskopplung von „Kraft“ (mechanische Energie, Strom, Druckluft) bei der Wärmeerzeugung

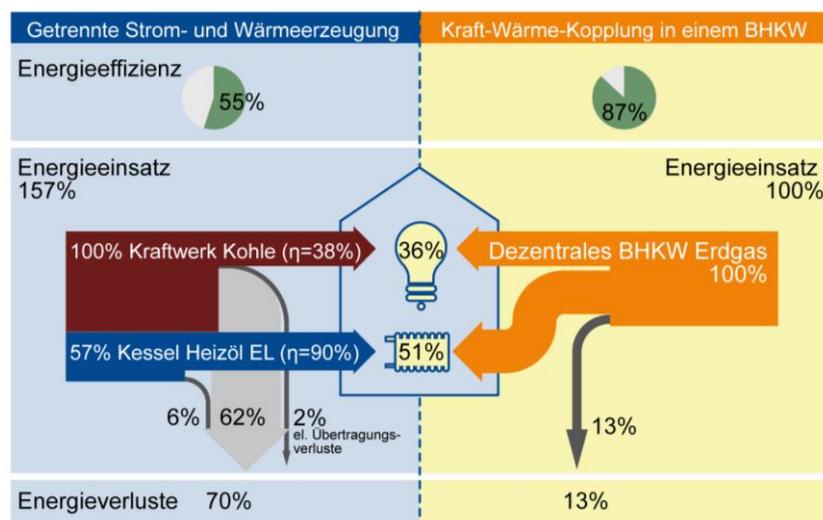


Abbildung 60: Prinzip Kraftwärmekopplung

Wichtige Parameter einer Kraftwärmekopplungs-Anlage sind:

Volllaststunden (sind ein Maß für Auslastung der Anlage im Verhältnis zur Stundenanzahl eines Jahres von 8.760 h) als Quotient aus Jahresarbeit (Strom, Wärme oder Strom + Wärme) und Leistung

Vergleich des Brennstoffbedarfs von getrennter und gekoppelter Erzeugung von Wärme und Strom

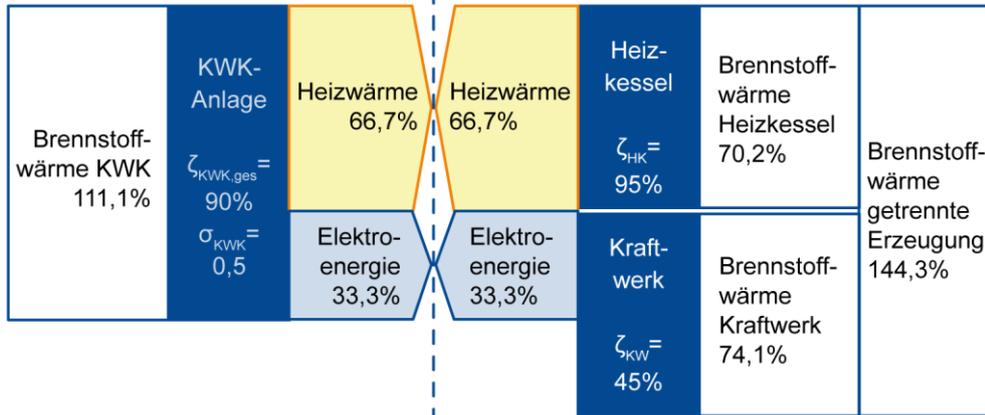


Abbildung 61: exemplarisch Einsparung von 23%

Die energetische Möglichkeit zur Bewertung ist mittels CARNOT-Wirkungsgrad durchführbar:

Idealer Kreisprozess (ohne prozessinterne Verluste)

Rückführung des Arbeitsmediums zum Anfangszustand → Wärmeabfuhr auf möglichst niedrigem Temperaturniveau

Limitierung der abzuführenden Arbeit durch Temperaturniveau der Abwärme

Je tiefer die Temperatur der Abwärme desto höher die potenziell abführbare Arbeit

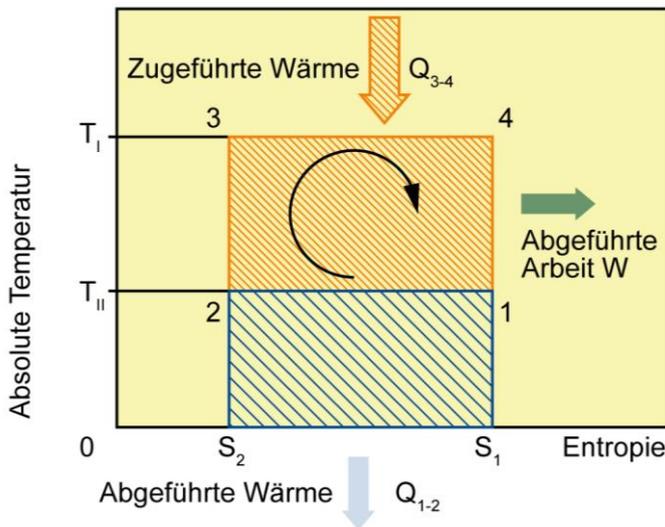


Abbildung 62: Darstellung im T-S-Diagramm

Dabei sind die Gründe für die Brennstoffaufteilung bei Kraftwärmekopplungs-Anlagen vielfältig wie folgt:

ökologische Einordnung der von Kraftwärmekopplungs-Anlagen abgegebenen Energien

- Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz TEHG
- GEG (Gutschriftverfahren)
- Richtlinie 2004/8/EG („finnische Methode“)

Die bisherigen Methoden zielen dabei auf die energetische Bewertung ab

Richtlinien: VDI 4660, VDI 4608-2

- Energetische Methode
- Arbeitswertmethode
- Exergetische Methode
- Exergieverlust-Methode
- Restwertmethode
- Substitutionsmethode
- Sonstige (Statistische Landesämter, Richtlinie 2004/8/EG)
- Finnische Methode

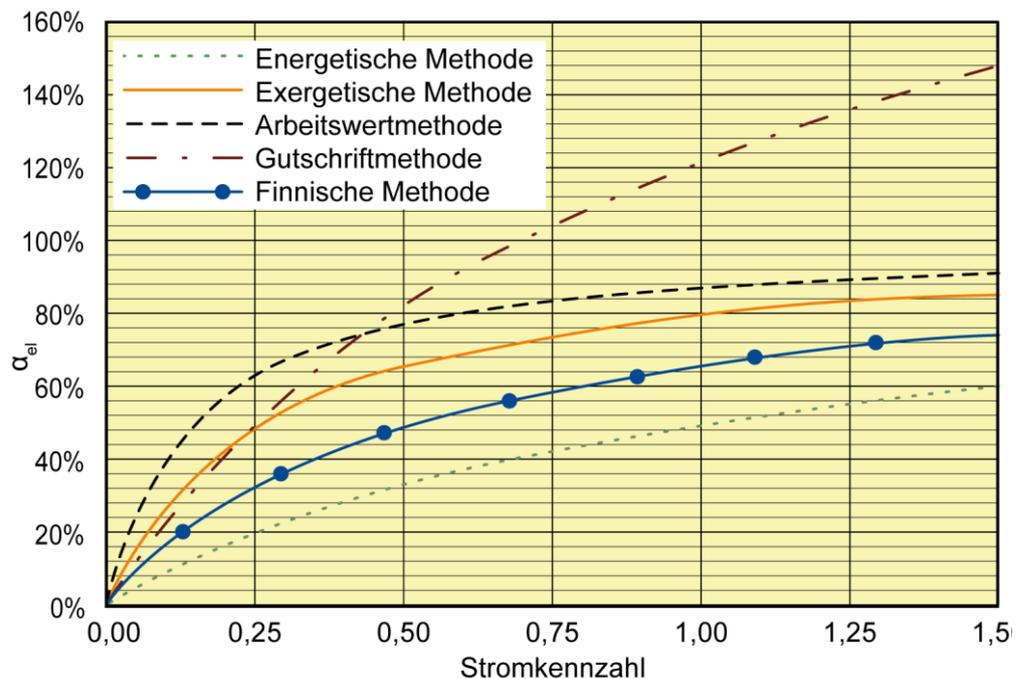


Abbildung 63: Beispiel Brennstoffaufteilung – Zuteilung zu Strom

Die Randbedingungen bzw. Ausgangsdaten sind u.a.:

Der Energiebedarf von Gebäuden

Lastgänge

Jahresdauerlinie Wärme- und Strombedarf (VDI 2067-7)

Einordnung in die Jahresdauerlinie

Auswahl und Dimensionierung

Wärmebedarf:

In hohem Maß vom Gebäudetyp, -alter und -zustand abhängig

Anteil der Wärme für Raumheizung (außentemperaturabhängig)

Anteil der Wärme für Trinkwarmwasser (TWW) (nicht außentemperaturabhängig)

Aufgrund Energiepreisanstieg, Verschärfung der gesetzlichen Rahmenbedingungen (GEG) starke Absenkung des Wärmebedarfs neuerer Gebäude

Im Bestand sind sehr große Unterschiede abhängig vom Sanierungsgrad möglich

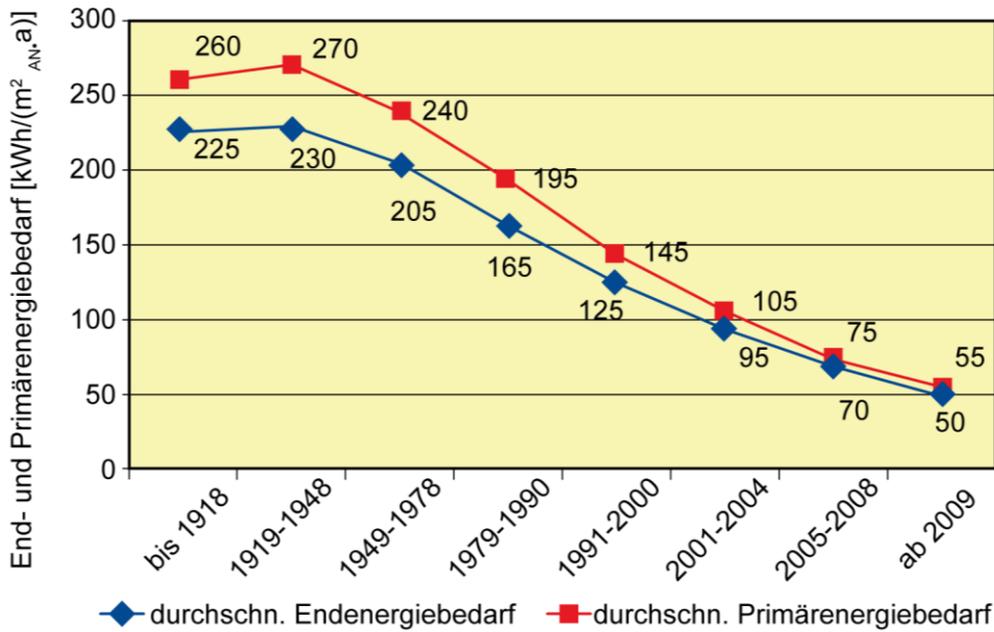


Abbildung 64: End- und Primärenergieverbrauch von Gebäuden nach Baujahr

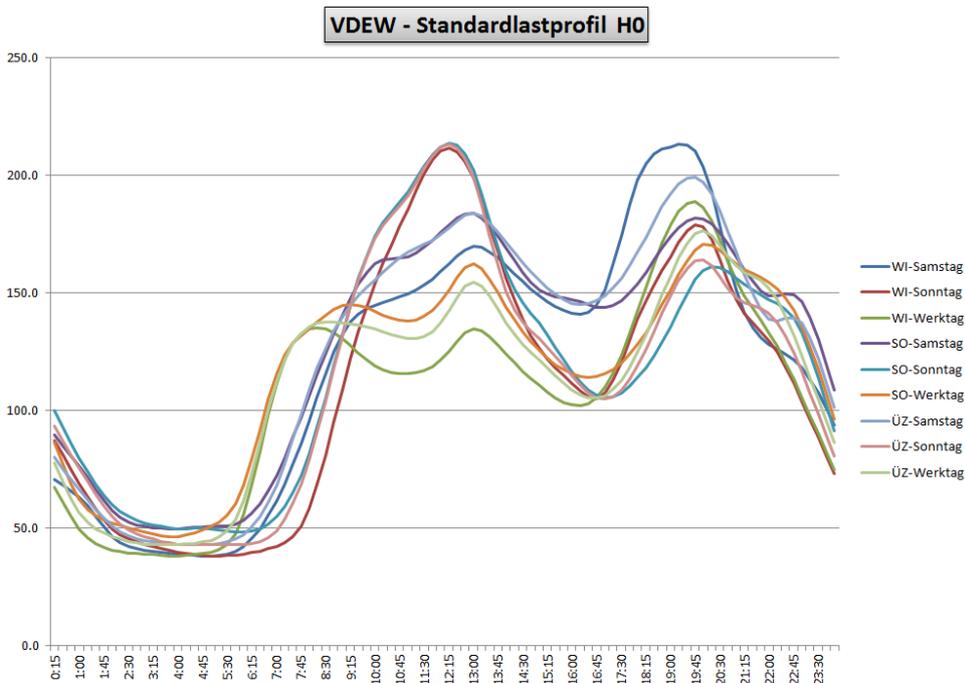


Abbildung 65: Standardlastprofil, © Proteus Solutions

Jahresdauerlinien (JDL) – Wärme

in der Energiewirtschaft gebräuchliches Diagramm, welches den Leistungsbedarf eines Versorgungsobjekt basierend auf der jeweiligen Nutzungszeit darstellt
Abschätzung der Auslegungsgröße von Wärmerzeugern möglich

Für Wärmebedarf Grundlage Heizlast des Gebäudes (Wärmeleistungsbedarf bei $t_U = \text{z.B. } -14 \text{ } ^\circ\text{C}$) und Jahreswärmebedarf

Quelle der Heizlast: Normheizlast nach DIN EN 12831; Wärmebedarfsberechnung nach GEG

Im Bestand: Ermittlung Wärmebedarf / Bewertung des Brennstoffverbrauchs

Errechnung der außentemperaturabhängigen Heizlast

TWW-Bedarf ist dabei zu berücksichtigen

Gängige Heizlasten: Bestandsgebäude rd. 70 W/m², Neubau rd. 30 W/m²

Geordnete, dimensionsbehaftete Jahresdauerlinien

Durch Hinterlegung eines Temperaturprofils (Testreferenzjahr)

Außentemperaturabhängige Errechnung der Heizlast – anschließende Sortierung nach Heizlastbedarf

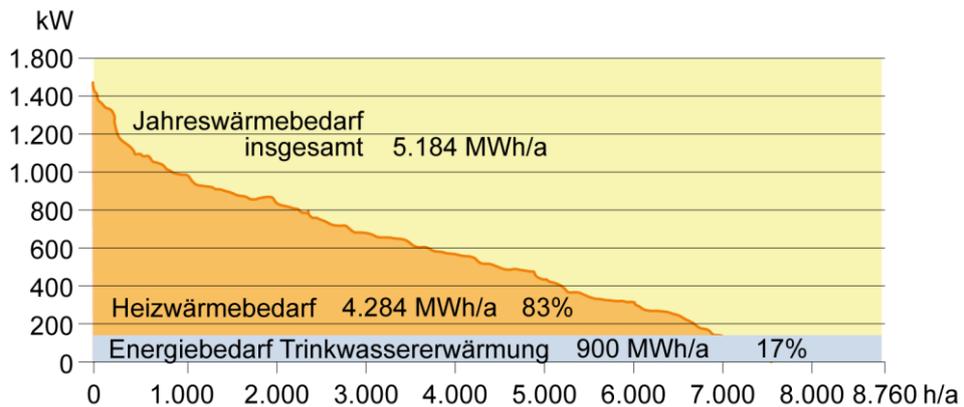


Abbildung 66: geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs

JDL mit Grundlastabdeckung durch Blockheizkraftwerk

sich ergebende Vollbenutzungsstunden des Blockheizkraftwerk: ca. 5.400 h/a, ca. 69% des Wärmebedarfs

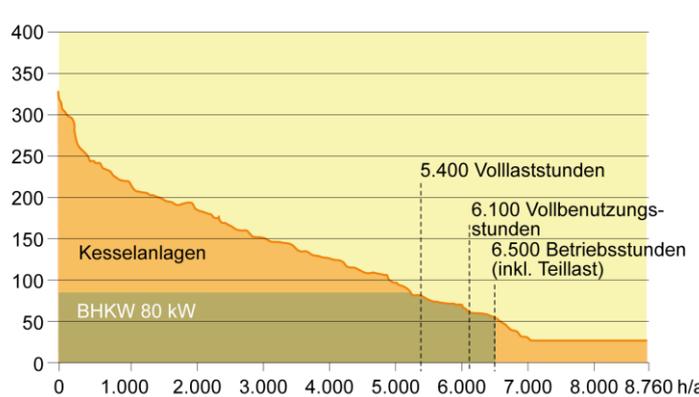


Abbildung 67: geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs, Wärmebedarfsdeckung durch BHKW und Kesselanlagen (in kW)

Die zugrunde liegenden Blockheizkraftwerk-Anlagen beinhalten im Wesentlichen die Komponenten:

- Verbrennungsmotor als Antriebsaggregat
- Generator zur Stromerzeugung sowie
- Wärmeübertrager zur Wärmeauskopplung

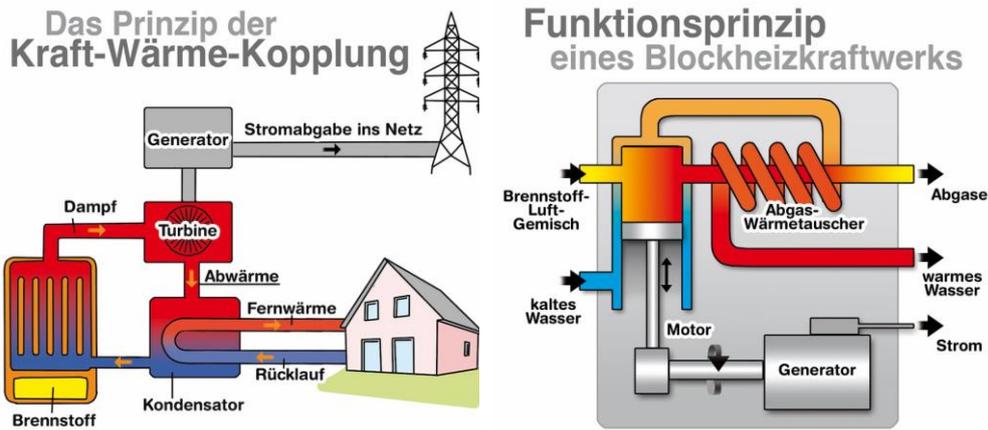


Abbildung 68: Komponenten KWK (Kraft-Wärme-Kopplung), © Heizsparer.de (Anondi GmbH)

5.3.6 Solarthermie

Grundlagen

Die primäre Umwandlung der Strahlungsenergie der Sonne ist auf fotochemischer, thermischer und fotoelektrischer (photovoltaischer) Basis möglich. Die fotochemische Nutzung ist die Nutzung von Biomasse.

Die Bestrahlungsleistung ist regional unterschiedlich und lautet definiert auf eine Fläche „Bestrahlungsstärke“.

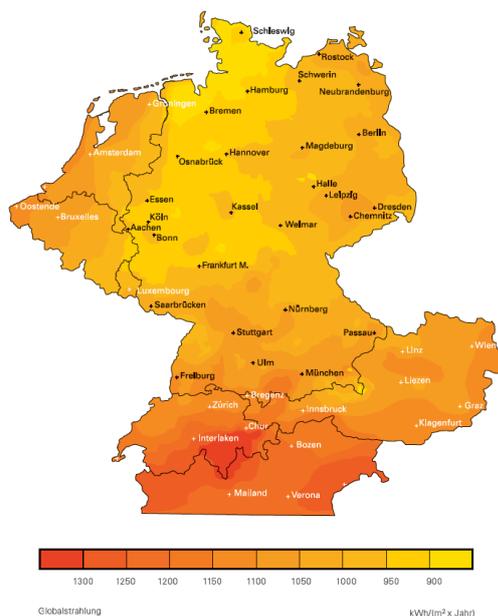


Abbildung 69: Globalstrahlung in Deutschland und angrenzenden Ländern, © Viessmann

Physikalisch betrachtet ist die Bestrahlungsstärke somit eine spezifische Leistung in Watt pro Quadratmeter bzw. W/m^2 . Dabei variiert diese deutlich. In Abhängigkeit von der Witterung und bei klarer Sicht werden Werte von bis zu 1.000 W/m^2 im Gegensatz zu lediglich 50 W/m^2 bei bedeckter Sicht erreicht. Dabei ist ebenfalls die Dauer der Einstrahlung von hoher Relevanz.

Die Werte für die Globalstrahlungsenergie beziehen sich auf eine horizontale Ebene. Diese Werte werden durch die Neigung der Empfangsfläche beeinflusst. Ist die Empfangsfläche geneigt, verändern sich der Einstrahlungswinkel, die Bestrahlungsstärke und damit auch die Menge der Energie. Die flächenbezogene Jahressumme der Globalstrahlungsenergie ist also auch abhängig von deren Neigung.

Die Energiemenge ist am größten, wenn die Strahlung im rechten Winkel auf die Empfangsfläche trifft. Da dieser Fall in unseren Breitengraden bezogen auf die Horizontale niemals erreicht wird, kann durch eine Neigung der Empfangsfläche ‚nachgeholfen‘ werden. In Deutschland wird auf einer Empfangsfläche mit 35° Neigung bei Südausrichtung im Vergleich zu einer horizontalen Lage durchschnittlich etwa zwölf Prozent mehr Energie eingestrahlt.

Je nach Neigung und Ausrichtung der Fläche verringert oder vergrößert sich die Einstrahlung gegenüber einer horizontalen Fläche. Ferner ist die Sonneneinstrahlung abhängig von der

Orientierung,

Ortszeit

Und der geografischen Breite.

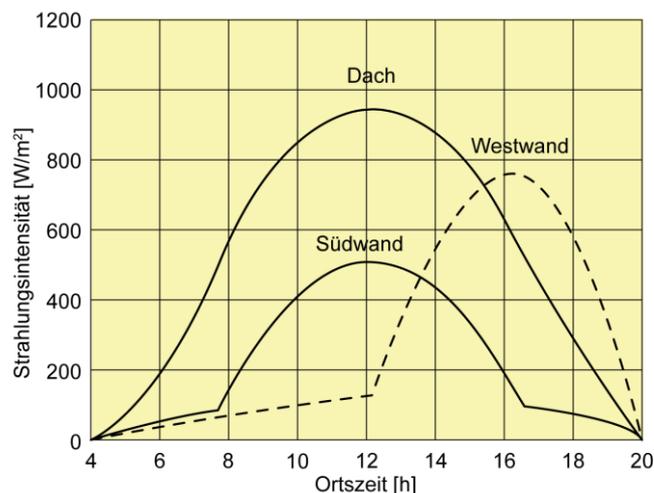


Abbildung 70: Abhängigkeit der Sonneneinstrahlung nach Orientierung

Primäre Umwandlung der Strahlungsenergie der Sonne

Zur Erzeugung von Wärme werden hauptsächlich Flachkollektoren benutzt. Die Flachkollektoren wandeln die einfallende Strahlung in Wärme um, welche von einem Transportmedium (zumeist Wasser) zum Verbraucher geleitet wird. Dieses Verfahren findet schon verbreitet Anwendung, z.B. bei der Schwimmbad-Aufwärmung, da hier das Speicherproblem (Tag-Nacht-Rhythmus) durch das Wasser gut gelöst werden kann.

Das Speicherproblem wird bei der Warmwasserbereitung durch wärmegeämmte Warmwasserbehälter gelöst. Besonders im Winter ist der Wirkungsgrad, der von den Temperaturdifferenzen zwischen Wärmeträger und der Umgebung abhängig ist, zu

gering. Zur Raumheizung wie auch zur Erzeugung von Prozesswärme wären konzentrierende Solaranlagen notwendig. Unter unseren klimatischen Verhältnissen sind diese jedoch wegen der zu geringen Energiedichte nicht sinnvoll. Als Alternative bieten sich die Vakuumkollektoren an.

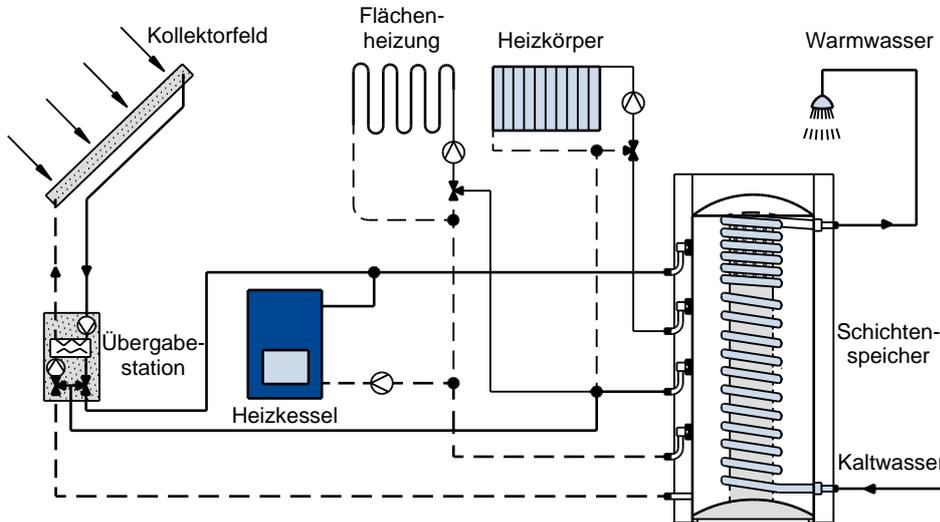


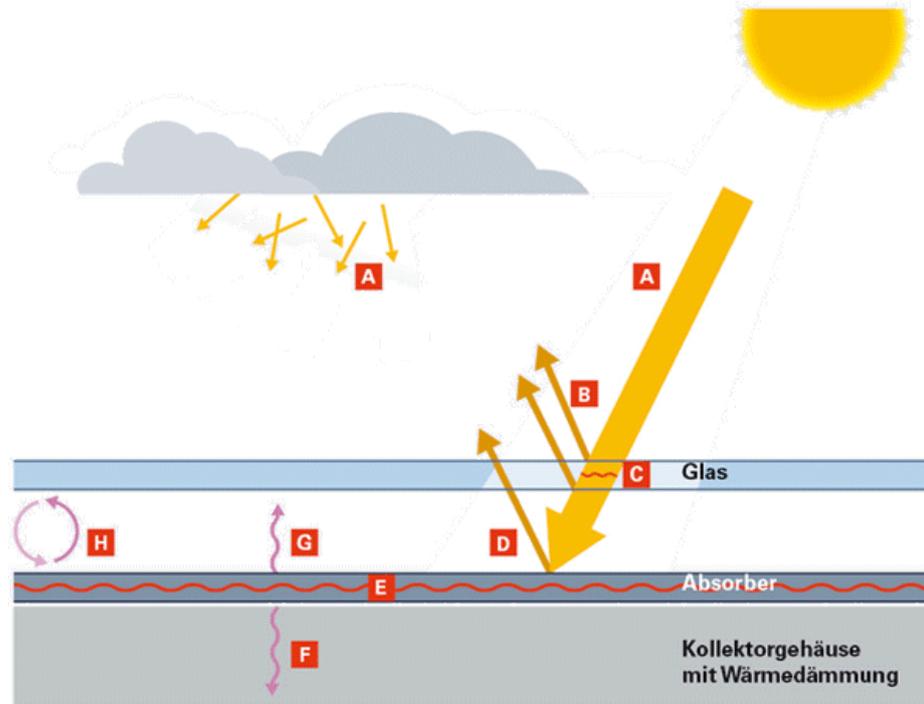
Abbildung 71: Thermische Solarnutzung zur Heizung und Warmwasserbereitung

Bei der thermischen Nutzung zur Stromerzeugung gibt es zzt. zwei Konzepte, das Farm- und das Turmkonzept. Beim Farmkonzept wird ein Wärmeträgermedium über konzentrierende Kollektoren erhitzt, Dampf erzeugt und mittels Dampfturbine die elektrische Energie erzeugt. Beim Turmkonzept wird die einfallende Sonnenenergie über eine Vielzahl, dem Sonnenstand nachgeführter Spiegel (Heliostaten) auf einen an einer Turmspitze befindlichen Absorber konzentriert und in ihm das Wärmemedium erhitzt.

Beide Konzepte für diese so genannten Sonnenkraftwerke sind verwirklicht worden. In Sizilien arbeitet ein Sonnenkraftwerk mit einer Leistung von 1 MW nach dem Turmkonzept. In Almeria in Spanien sind je eines nach dem Turm- und Farmkonzept konzipiertes Kraftwerk mit je 500 kW Leistung als Versuchsanlage in Betrieb. Derartige Sonnenkraftwerke haben zurzeit noch erhebliche Nachteile in Bezug auf den schlechten Wirkungsgrad, der unter 20 % liegt, sowie auf die hohen Betriebs- und Erstellungskosten.

Mechanismen des Strahlungs- und Wärmetransports

Zu sehen ist Reflexion, Absorption und Wärmedurchgang an der Frontscheibe.



A) Einstrahlung auf Kollektor

Optische Verluste

- B) Reflexionen an der Glasscheibe
- C) Absorption an der Glasscheibe
- D) Reflexion am Absorber
- E) Erwärmung des Absorbers durch Strahlungsleistung

Thermische Verluste

- F) Wärmeleitung des Kollektormaterials
- G) Wärmestrahlung des Absorbers
- H) Konvektion

Abbildung 72: Energieflüsse am Kollektor, © Viessmann

Was zu folgender Energiebilanz führt:

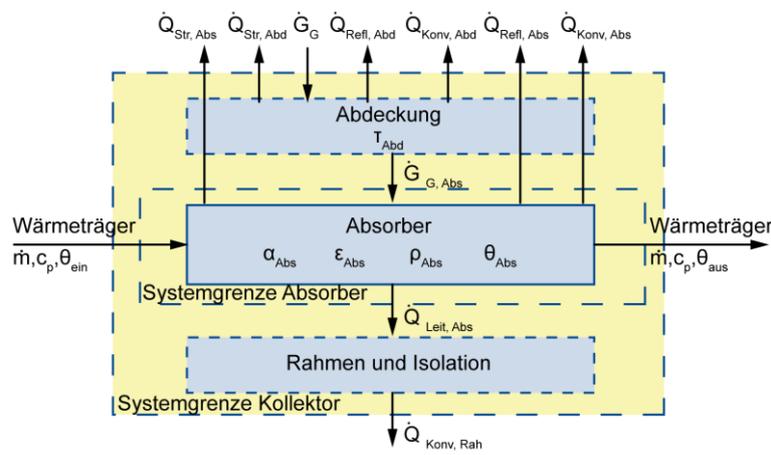


Abbildung 73: Energiebilanz am Kollektor

Aufbau

Der Aufbau eines Flachkollektors

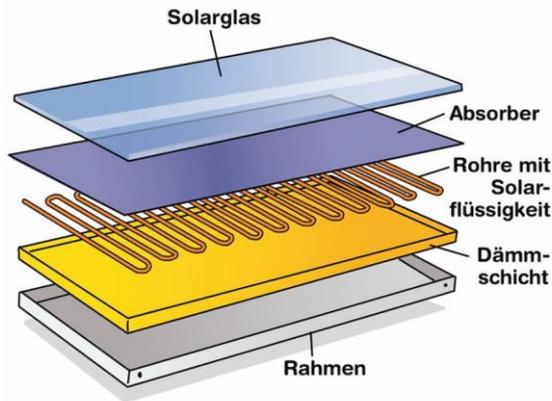


Abbildung 74: Aufbau Flachkollektor, © Solaranlage-Ratgeber.de (Anondi GmbH)

Der Aufbau unterscheidet sich in Teilen bei unterschiedlichen Kollektortypen, was mit verschiedenen Vor- und Nachteilen hins. z.B. Wärmeverlusten, Frostempfindlichkeit, Wärmeaufnahme, Anlagensicherheit und Kosten verbunden ist.

Solare Deckungsrate

Mit fünf bis sechs Flachkollektoren können in einem fünfpersonenhaushalt zwischen vierzig und sechzig Prozent der Trinkwassererwärmung gedeckt werden, was etwa rd. 200 Liter Öl entspricht.

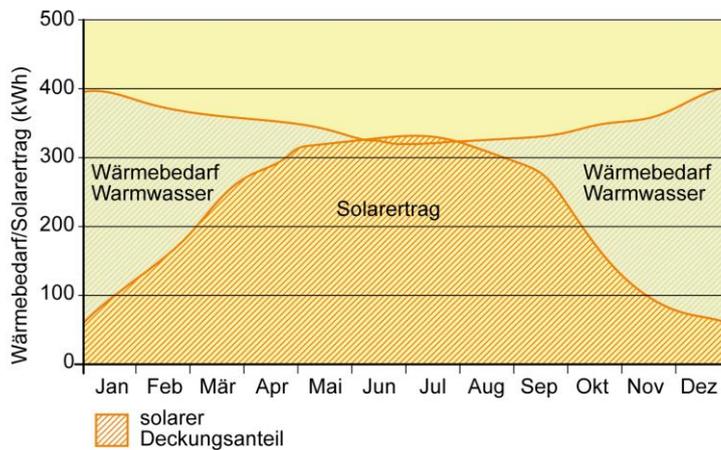


Abbildung 75: Beispiel für die durchschnittliche Ertragsdeckung durch Warmwasser-Solarthermie-Systeme

Eine Auslegung für nennenswerte Heizungsunterstützung für die Wintermonate führt zwingend zu überschussbedingten Stillstandszeiten.

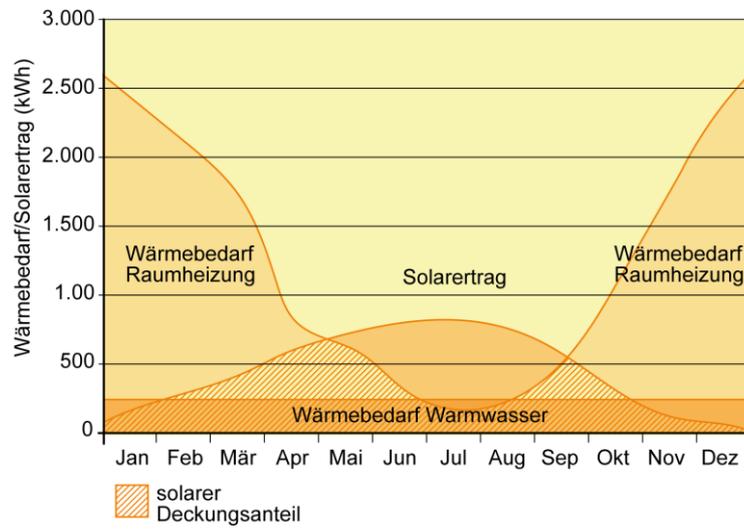


Abbildung 76: Beispiel für die durchschnittliche Ertragsdeckung durch Kombi-Solarthermie-Systeme

6 Modul 3 LSK 8: „Straßen- und Wegebau“ (Schwerpunkt Tiefbau)

6.1 Grundlagen der Straßenplanung

6.1.1 Technische Regelwerke im Straßenbau

Richtlinien, Merkblätter, Empfehlungen und Hinweise geben den aktuellen Stand der Technik im Straßenwesen wieder. Ergänzt werden diese durch Technische Vertragsbedingungen, Technische Lieferbedingungen, Technische Prüfvorschriften u.ä.

Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV) beruft und koordiniert Gremien, die diese Regelwerke erarbeiten (Abbildung 77).



Abbildung 77: Gremien der FGSV

In diesen Gremien arbeiten ehrenamtlich Fachleute der freien Wirtschaft, der Verwaltung, der Hochschulen und weiterer Forschungsinstitute.

Das aktuell von der FGSV herausgegebene Regelwerk wird entsprechend seiner Bedeutung in vier Kategorien eingeteilt. Die Unterschiede zwischen den Kategorien liegen darin, dass bedeutendere Regelwerksteile zwischen den verschiedenen Gremien der FGSV abgestimmt und vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur für die Anwendung an Bundesfernstraßen verbindlich eingeführt werden.

Arbeitspapiere hingegen werden nur von einzelnen Gremien der FGSV veröffentlicht. Dieses Regelwerk wird seiner Bedeutung nach unterschieden in je zwei Kategorien Regelwerke (R1, R2) sowie Wissensdokumente (W1, W2).

R1 - Richtlinien und Empfehlungen sollen eine einheitliche Gesetzesauslegung sichern. Sie enthalten Anleitungen für die Straßenbauverwaltungen und Planungsinstitutionen zur Planung, zum Entwurf, zur Vorbereitung und Abwicklung von Baumaßnahmen. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen, Technische Lieferbedingungen und Vorschriften enthalten Bestimmungen, die der Bauunternehmer bei seinen Bauleistungen einzuhalten hat.

R2 - Merkblätter sind Regelwerke im Sinne von Anleitungen, Beschreibungen oder Erläuterungen, die meist mehr ins Detail gehen als Richtlinien.

R2 oder W1 - Hinweise dienen als Planungs- und Entscheidungshilfen für die Planung, den Entwurf und die Straßengestaltung.

W2 - Arbeitshilfen enthalten z.B. Festlegungen für die Durchführung von Versuchen oder den Einsatz von Messgeräten, um einheitliche Einsatzbedingungen festzulegen und eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen zu gewährleisten.

Richtlinien und Empfehlungen sind technische Regelwerke und keine Gesetze. Abweichungen sind im Laufe einer Planung häufig notwendig. Bei ihrer Anwendung ist kein starrer Maßstab anzuwenden. Sie sind unter Beachtung der Aufgaben von und der Anforderungen an Straßen und Straßenräumen, die aus ihrem Umfeld erwachsen, sachgerecht, sinnvoll und flexibel anzuwenden.

Die für den Entwurf von Straßen relevanten „Richtlinien für die Anlage von Autobahnen“ (RAA), „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL) und „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen“ (RASt) enthalten daher auch Hinweise auf mögliche Abweichungen von den genannten Richtwerten.

Richtlinien werden i.a. von den zuständigen Gebietskörperschaften mit Erlassen als Verwaltungsvorschriften eingeführt und erhalten dadurch eine zusätzliche Bedeutung als verwaltungsinterne Norm. Die in den Richtlinien vorgesehene Entscheidungsfreiheit bleibt davon unberührt.

6.1.2 Einteilung der Straßen in Kategorien

Mit der Einführung der Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (kurz RAA) im Jahr 2008 wurde zuerst die Planung und der Entwurf von Autobahnen neu geregelt.

Im Jahr 2013 sind für die Landstraßenquerschnitte die Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (kurz RAL) in Kraft getreten.

Die „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen“ (kurz RASt) wurde im Jahr 2007 als gültiges technisches Regelwerk herausgegeben.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Geltungsbereiche der Richtlinien abhängig von den Verbindungs-Funktionsstufen zusammengestellt:

Tabelle 16: Geltungsbereiche der Richtlinien zur Kategorisierung von Straßen

Kategoriengruppe Verbindungsfunktionsstufe		Auto- bahnen	Land- straßen	Anbaufreie Hauptver- kehrsstraßen	Angebaute Hauptverkehrs- straßen	Erschlie- bungsstra- ßen
		AS	LS	VS	HS	ES
kontinental	0	AS 0				
großräumig	I	AS I	LS I			
überregional	II	AS II	LS II	VS II		
regional	III		LS III	VS III	HS III	
nahräumig	IV		LS IV	VS IV	HS IV	ES IV
kleinräumig	V		LS V			ES V

RAA Richtlinien für die Anlage von Autobahnen

RAL Richtlinien für die Anlage von Landstraßen

RASt Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen

Die Kategoriengruppe AS, Autobahnen wird in die Verbindungsfunktionsstufen AS 0 kontinental, AS I-großräumig und AS II – überregional eingeteilt.

Die Kategoriengruppe LS, Landstraßen beinhaltet alle Straßen, die keine Autobahnen oder innerörtliche Straßen sind. Diese Gruppe umfasst anbaufreie Straßenabschnitte außerhalb bebauter Gebiete. Hier besteht nur eine schwache Wechselbeziehung zwischen dem angrenzenden Umfeld und der Straße. Nach den RIN erfolgt die Einteilung der Landstraßen in großräumige, überregionale, regionale, nahräumige und kleinräumige Straßen (LS I bis LS V).

Die Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) bilden die Grundlage für alle Planungen und Entwürfe für den Neu- sowie den Um- und Ausbau von Landstraßen in der Baulast des Bundes. Diese sollen die Ausbildung von Landstraßen künftig stärker standardisieren mit dem Ziel, dass sich Verkehrsteilnehmer in vergleichbaren Situationen gleichartig verhalten. Dadurch ist insbesondere beim Zusammenspiel zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmern ein höheres Maß an Verkehrssicherheit zu erwarten.

Grundlage einer Standardisierung von Landstraßen in wenigen Straßentypen bildet die Definition von vier Entwurfsklassen für Landstraßen (EKL).

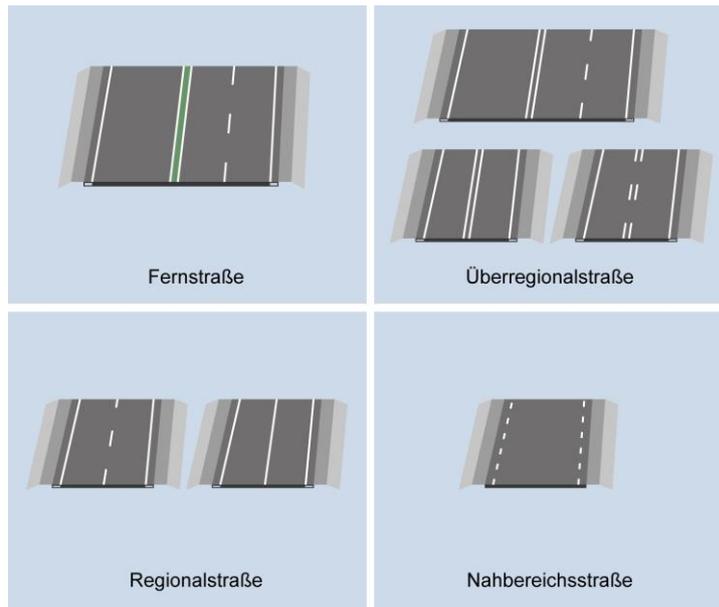


Abbildung 78: Die vier Landstraßentypen der RAL [4]

Diese Entwurfsklassen werden in erster Linie durch die jeweilige Verbindungsbedeutung der Straße im Netz (ausgedrückt durch die Straßenkategorie nach den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung, RIN) bestimmt. Unter Berücksichtigung der Verkehrsnachfrage (Prüfung einer höher- oder niederrangigen EKL) wird die Zuweisung einer Entwurfsklasse für einen Streckenzug endgültig festgelegt.

Die Verknüpfung der Verbindungsbedeutung mit den vier Entwurfsklassen für Landstraßen verdeutlicht die unterschiedlichen Anforderungen an die Erreichbarkeit von Standorten. Tabelle 17 zeigt die Zusammenhänge zwischen den Straßenkategorien der RAL und den Entwurfsklasse für Landstraßen (EKL).

Tabelle 17: Zusammenhang zwischen Straßenkategorie und Entwurfsklasse für Landstraßen (EKL) nach [4]

Bezeichnung	Verbindungsfunktion	Verbindungsbedeutung	Straßenkategorie Landstraßen nach RIN	Entwurfsklasse Landstraßen nach RAL
Fernstraße	großräumig	hoch	LS I	EKL 1
Überregionalstraße	überregional	mittel	LS II	EKL 2
Regionalstraße	regional	gering	LS III	EKL 3
Nahbereichsstraße	nahräumig	sehr gering	LS IV	EKL 4

Die Entwurfs- und Betriebsmerkmale jeder Entwurfsklasse (Kurvenradien, Längsneigungen, Kuppen- und Wannenausrundungen, Knotenpunkte etc.) ermöglichen künftig eine Standardisierung von Landstraßen in Bezug auf ihre Verbindungsfunktion.

Neben den RAA und den RAL beschreibt die RAST 06 die Planung von anbaufreien und angebauten Hauptverkehrsstraßen mit den notwendigen plangleichen Knotenpunkten. Weiterhin enthält die RAST 06 Entwürfe und Gestaltungshinweise für Erschließungsstraßen. Nach Tabelle 16 gilt somit die RAST 06 für die Straßenkategorien VS, HS, und ES der RIN.

6.2 Entwurfselemente im Querschnitt

Im Straßenquerschnitt wird der Raum eingeteilt, der für die Benutzung durch den Verkehr zur Verfügung steht. Dazu werden die baulichen Elemente festgelegt, die für den entsprechenden Gebrauch der Straße erforderlich sind. Nach der verkehrlichen, baulichen und wirtschaftlichen Bedeutung werden die Gestaltung und die Abmessungen des Straßenquerschnittes gewählt. Die Belange des Städtebaus, des Umweltschutzes und der Natur und Landschaft sind besonders zu beachten.

Der Straßenquerschnitt ist so zu bemessen und zu gestalten, dass eine möglichst hohe Leistungsfähigkeit und Sicherheit erreicht werden. Die Erfordernisse des Verkehrs an den Straßenquerschnitt werden durch die Verkehrsart, die Menge und die Geschwindigkeit bestimmt. Aus Sicherheitsgründen sind Kraftfahrzeuge, Radfahrer und Fußgänger getrennt zu führen.

Aus der Linienführung und der Höhenlage der Straße ergeben sich die baulichen Erfordernisse. Die Maße des Straßenquerschnittes sollen, unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, so ausgewählt werden, dass sich die Straße natürlich in das Landschaftsbild einfügt.

Landstraßen werden in Abhängigkeit von der Entwurfsklasse deutlich unterschiedlich gestaltet. Die Verbindungsbedeutung der Landstraße und der damit einhergehenden größeren Fahrtweiten bestimmt den notwendigen Erstellungsaufwand. Die in den Entwurfsklassen definierten Ausbauqualitäten tragen zum Umweltschutz und zur wirtschaftlichen Straßenerstellung bei.

Die deutlichen Unterschiede in den Entwurfs- und Betriebsmerkmalen sollen zudem eine der Verbindungsbedeutung angemessene Fahrweise mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fördern. Hiermit wird eine Steigerung der Verkehrssicherheit erwartet.

Landstraßen mit hoher Verbindungsbedeutung ermöglichen somit höhere Reisegeschwindigkeiten als Landstraßen mit geringerer Verbindungsbedeutung. Die dafür vorgesehenen breiteren Straßenquerschnitte, großzügigere Linienführungen und besondere Sicherheitsmaßnahmen in Knotenpunkten ermöglichen infolge der möglichen höheren Fahrgeschwindigkeiten eine Reduzierung der Fahrzeiten.

Straßenquerschnitte enthalten Fahrstreifen und können Zusatzfahrstreifen, Randstreifen, Trennstreifen, befestigte und unbefestigte Seitenstreifen (Bankette) sowie Rad- und Gehwege enthalten. Im Folgenden eine kurze Definition der Komponenten.

Fahrstreifen

Auf den Fahrstreifen bewegt sich der motorisierte Verkehr. Für den Verkehr in eine Richtung dürfen die einzelnen Fahrstreifen direkt aneinanderstoßen. Die Fahrstreifenbreite entspricht in diesem Fall der Breite des Grundfahrstreifens. Bei nebeneinander liegenden Fahrstreifen mit Gegenverkehr ist zusätzlich ein Zuschlag notwendig. Die Fahrstreifenbreite ergibt sich dann aus der Fahrstreifengrundbreite und dem Gegenverkehrszuschlag.

Zusatzfahrstreifen

Bei Streckenabschnitten mit starken Steigungen kann durch das Absinken der Geschwindigkeit von Lastwagen die Leistungsfähigkeit der Strecke erheblich beeinträchtigt werden. Durch die Anordnung von zusätzlichen Fahrstreifen kann der schnelle Verkehr vom langsamen Verkehr getrennt werden. Hierbei sind die „Richtlinien für die Anlage von Zusatzstreifen an Steigungsstrecken“ zu beachten. Zur Ausnutzung aller Fahrstreifen werden Zusatzfahrstreifen bei zweistreifigen Straßen immer auf der Innenseite der durchgehenden Fahrbahn angelegt.

Randstreifen

Randstreifen gehören konstruktiv zur Fahrbahn, sollten aber keine Verkehrsbelastung aufnehmen. Auf dem Randstreifen ist die Markierung auf der zur Fahrbahn gelegenen Seite aufgetragen; die Restfläche wird als Sauberkeitsstreifen bezeichnet.

Trennstreifen

Um die Flächen für unterschiedliche Verkehrsarten voneinander zu trennen und damit die Sicherheit zu erhöhen, sind Trennstreifen notwendig. Die Mindestbreite der Trennstreifen ist abhängig von dem notwendigen seitlichen Sicherheitsraum. Es wird unterschieden zwischen Mittelstreifen und Seitentrennstreifen.

Mittelstreifen haben die Aufgabe, Richtungsfahrbahnen zu trennen und Brückenpfeiler, Masten, Schilderbrücken, Lärmschutzeinrichtungen usw. aufzunehmen. Mittelstreifen sind zum Blendschutz und aus Gründen des Naturschutzes zu begrünen.

Zur Trennung des durchgehenden Verkehrs von Nebenfahrbahnen oder von Rad- und Gehwegen werden Seitentrennstreifen angeordnet, die nach Möglichkeit zu bepflanzen sind.

Befestigte Seitenstreifen

Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zur besseren Verkehrsführung (z.B. bei Bauarbeiten) werden befestigte Seitenstreifen angelegt. Es wird unterschieden zwischen Standstreifen, Mehrzweckstreifen und Parkstreifen.

Standstreifen bieten die Möglichkeit zum seitlichen Ausweichen in Notfällen und erlauben eine einseitige mehrstreifige Verkehrsführung bei Unfällen und Notfällen.

Mehrzweckstreifen stehen dem Betriebsdienst sowie langsamen Fahrzeugen (z.B. Radfahrer, land- und forstwirtschaftliche Fahrzeuge) zur Verfügung. Weiterhin können diese zum Halten in Sonderfällen genutzt werden.

Parkstreifen geben Möglichkeiten zum Abstellen von Fahrzeugen am Straßenrand.

Unbefestigte Seitenstreifen (Bankette)

Die Aufgaben des Bankettes sind, Leiteinrichtungen und Verkehrsschilder aufzunehmen und der befestigten Fahrbahn einen seitlichen Halt zu geben. Außerdem dient es als Arbeitsraum für den Unterhaltungsdienst, wenn kein Fußweg vorhanden ist. Im Winter wird dort der geräumte Schnee gelagert.

Rad- und Gehwege

Die Notwendigkeit eines Radweges ist von der vorhandenen oder zu erwartenden Anzahl der Radfahrer abhängig. Radwege können unabhängig von der Fahrbahn als Seitenweg geführt werden oder parallel zur Fahrbahn verlaufen und mit Trennstreifen von der Fahrbahn abgesetzt sein.

Nach der Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO) beträgt die Mindestbreite für einen gemeinsamen Fuß- und Radweg 2,50 m innerorts und 2,00 m außerorts. Werden Radwege neben Halte- und Parkstreifen geführt, ist darauf zu achten, dass die Radfahrer nicht durch geöffnete Wagentüren gefährdet werden.

Gehwege sind deutlich sichtbar von der Fahrbahn zu trennen. Bei angebauten Straßen erfolgt dies durch Hochborde, bei nicht angebauten Straßen durch eine getrennte

Führung hinter Seitentrennstreifen. Gehwege sollen grundsätzlich mit dem Regelmaß von 2,50 Meter Breite geplant werden.

6.2.1 Verkehrsraum und lichter Raum

Grundlage für die Bemessung des Verkehrsraumes ist die Forderung nach ausreichender Straßenbreite. Diese muss, abhängig von der geplanten Verkehrsqualität, ein problemloses Befahren ermöglichen. Nach Abbildung 79 setzt sich die Fahrstreifenbreite aus der Breite des Bemessungsfahrzeuges und dem notwendigem Bewegungsspielraum zusammen.

Ein Fahrzeug von 2,50 m Breite und 4,00 m Höhe bildet die Bemessungsgrundlage. Zum Ausgleich von ungeplanten Fahr- und Lenkbewegungen ist ein Bewegungsspielraum anzusetzen. Der notwendige Bewegungsspielraum richtet sich nach der prognostizierten Verkehrsbelastung und den geplanten Geschwindigkeiten.

In Abhängigkeit vom Regelquerschnitt wird die seitliche Breite zwischen 0,25 m und 1,25 m festgelegt. Die Höhe des Verkehrsraumes ist 0,25 m größer als das Bemessungsfahrzeug.

Zur Berücksichtigung möglicher Hindernisse ist ein Sicherheitsraum einzuplanen. Dessen Höhe gegenüber dem Verkehrsraum beträgt weitere 0,25 m. Die Regelbreite des Sicherheitsraumes von 1,25 m kann an Mittelstreifen und neben Hochborden um 0,25 m verringert werden.

Bei Geh- und Radwegen beträgt die Regelbreite 0,50 m. Hier ist der Sicherheitsraum 0,30 m höher als der Verkehrsraum.

Der lichte Raum ist der von festen Hindernissen freizuhaltenen Bereich. Er wird durch den Verkehrsraum und dem Sicherheitsraum gebildet.

Nach der RAL beträgt für Kraftfahrzeuge die lichte Raumhöhe 4,50 m. Bei Radwegen ist die lichte Raumhöhe im Regelfall 2,50 m (Abbildung 79).

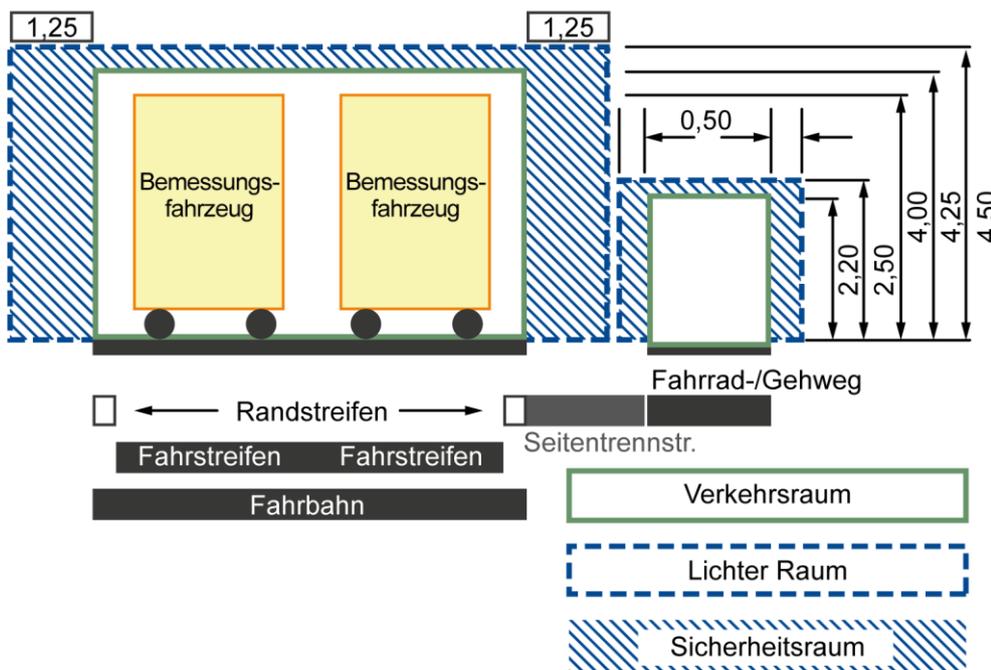


Abbildung 79: Abmessungen des Verkehrs- und lichten Raumes nach RAL 2012

6.2.2 Regelquerschnitte

In den Regelquerschnitten ist der Aufbau der jeweiligen Straßentypen vorgegeben. In Abhängigkeit vom geplanten Verkehrsaufkommen und den Anforderungen an die Verkehrssicherheit, der Straßenkonstruktion sowie dem künftigen Betrieb und der Straßenunterhaltung erfolgt die Wahl des Regelquerschnittes.

Mittels der Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung (RIN) erfolgt die Einordnung in eine der Straßenkategorien Autobahn (RAA), Landstraße (RAL) oder Erschließungsstraße (RASt).

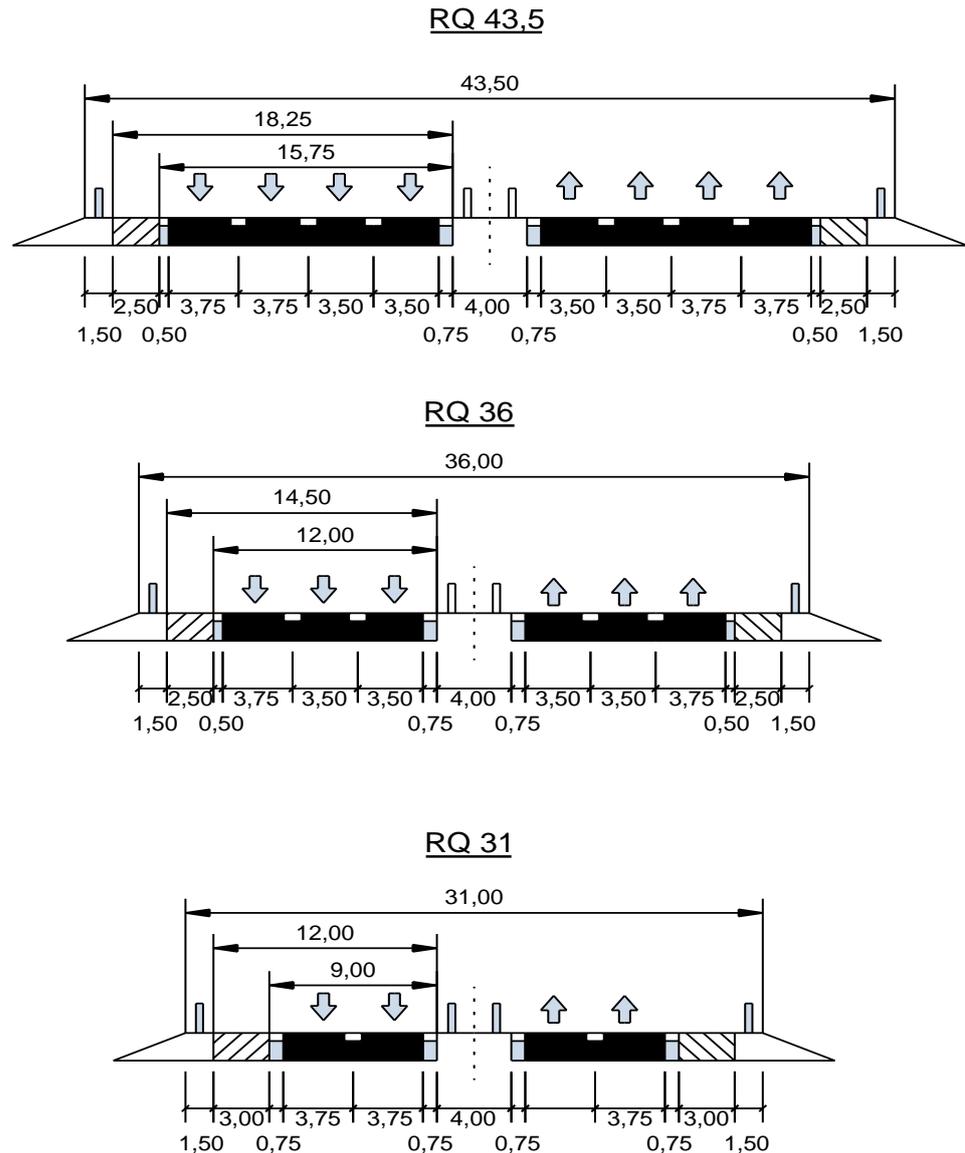


Abbildung 80: Regelquerschnitte für Autobahnen – Entwurfsklasse 1 mit markierten Fahr- und Standstreifen (nach RAA) aus [7]

Regelquerschnitte für Autobahnen nach der RAA

Die RAA unterscheidet drei Regelquerschnitte (Abbildung 80):

Den RQ 31 (4 Fahrstreifen)

RQ 36 (6 Fahrstreifen)

RQ 43,5 (8 Fahrstreifen)

Die Zahlenangabe gibt die Gesamtbreite des Querschnittes wieder.

Regelquerschnitte für Landstraßen nach der RAL

EKL 1 – Fernstraßen

Auf Fernstraßen sollen die Verkehrsteilnehmer trotz der oft hohen Verkehrsbelastungen große Entfernungen in angemessener Zeit zurücklegen können. Um dies zu erreichen und gleichzeitig eine möglichst hohe Verkehrssicherheit zu gewährleisten, sollen die Straßen künftig durchgängig mit drei Fahrstreifen ausgebildet werden (Abbildung 81, Abbildung 82)



Abbildung 81: Perspektivische Ansicht des Straßentyps der Entwurfsklasse EKL 1 – Fernstraßen

Der mittlere Fahrstreifen ist dabei abwechselnd der einen oder der anderen Fahrtrichtung als Überholfahrstreifen zugeordnet, sodass die riskante Nutzung des Gegenverkehrsfahrstreifens zum Zweck des Überholens nicht erforderlich ist.

Verknüpfungen mit dem nachgeordneten Straßennetz sollen kreuzungsfrei mit Einfädelungs- und Ausfädelungstreifen ausgebildet werden. Ein für den Verkehrsteilnehmer gut sichtbarer breiter verkehrstechnischer Mittelstreifen mit grüner Einfärbung trennt beide Fahrtrichtungen räumlich voneinander.

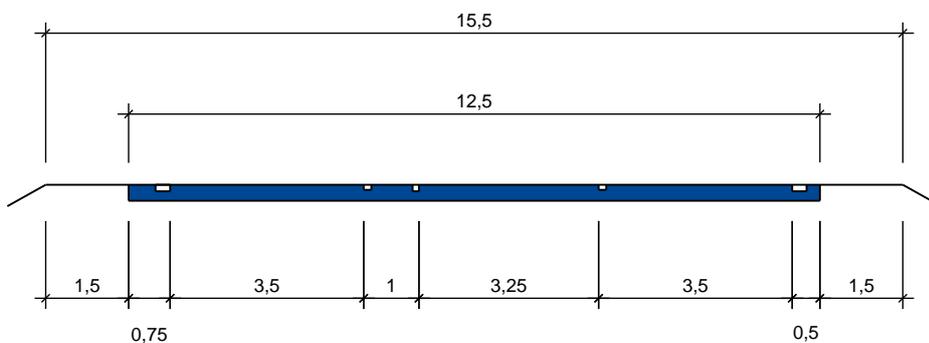


Abbildung 82: Regelquerschnitt für die Entwurfsklasse EKL 1 - RQ 15,5+

Entwurfsklasse EKL 2 – Überregionalstraße

Da auch Überregionalstraßen hohen Verkehrsstärken aufweisen, sollen diese in regelmäßigen Abständen dreistreifige Abschnitte aufweisen (Abbildung 83, Abbildung 84).

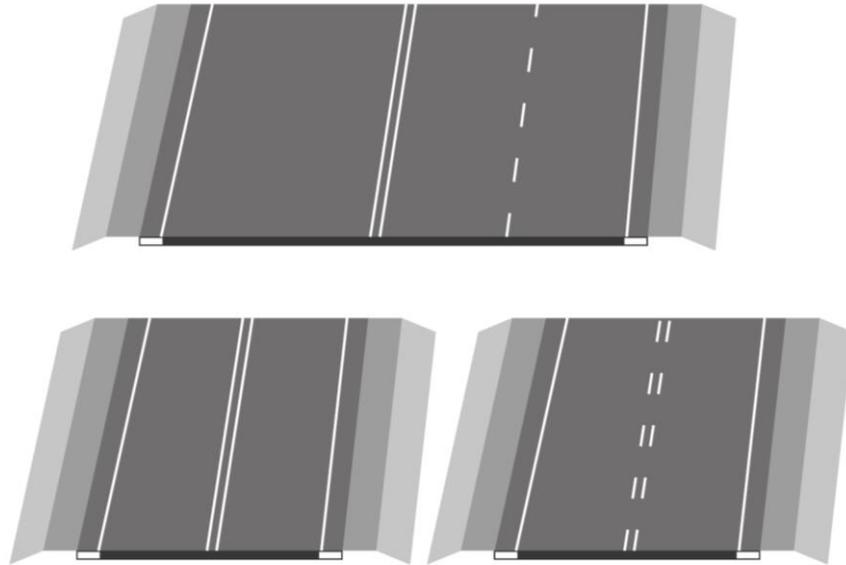


Abbildung 83: Perspektivische Ansicht des Straßentyps der Entwurfsklasse EKL 2 - Überregionalstraßen

Damit werden Überholvorgänge in den zweistreifigen Abschnitten möglichst vermieden. Kreuzungen und Einmündungen sollen in der Regel signalisiert werden. Die Mittelmarkierung zur Trennung der Fahrrichtungen wird mit doppelten Linien ausgeführt.

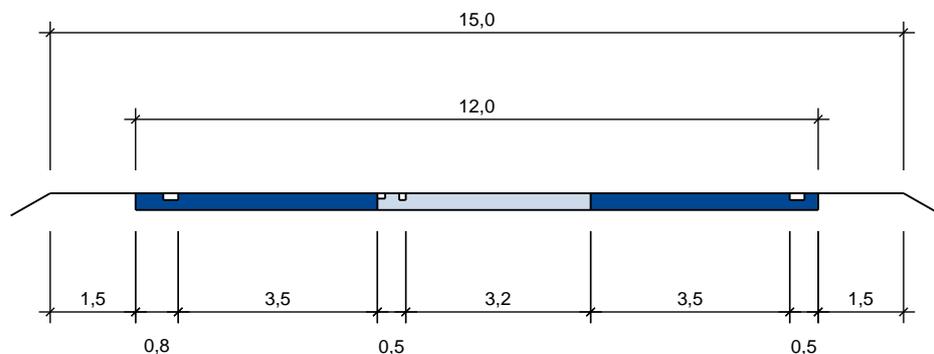


Abbildung 84: Regelquerschnitt für die Entwurfsklasse EKL 2 - RQ 11,5+ mit Überholstreifen

Regelquerschnitt RQ 21

Um die Verkehrssicherheit zu erhöhen, kann abschnittsweise in der Entwurfsklasse EKL 1 und EKL 2 auch der Regelquerschnitt RQ 21 angewendet werden (Abbildung 85).

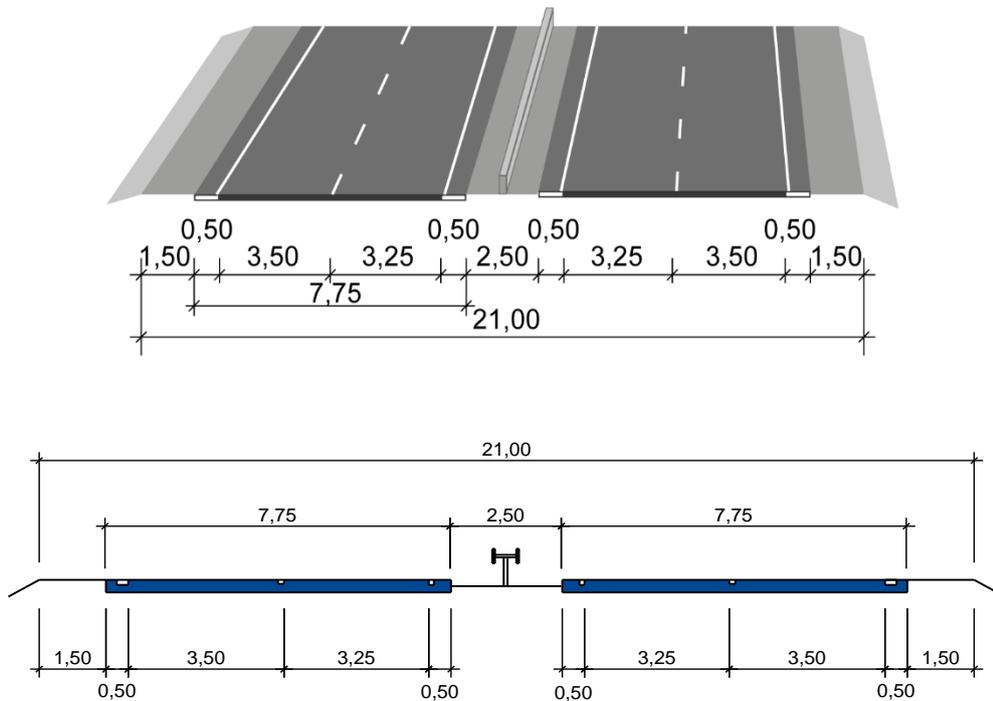


Abbildung 85: Perspektivische Ansicht und Regelquerschnitt für die Entwurfsklasse EKL 1, EKL 2 - RQ 21

Entwurfsklasse EKL 3 – Regionalstraße

Regionalstraßen weisen häufig nur ein mittleres Verkehrsaufkommen auf. Entsprechend muss zum Überholen der Gegenverkehrsfahrbahnen genutzt werden (Abbildung 87).

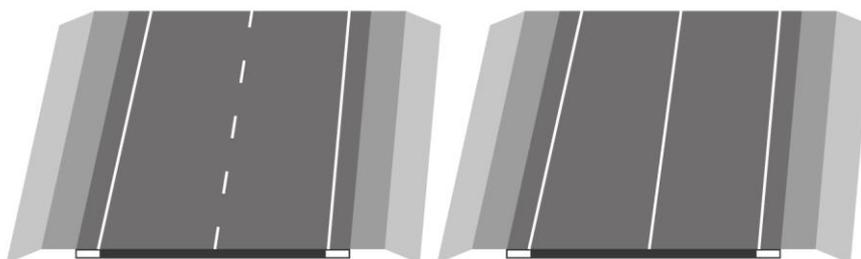


Abbildung 86: Perspektivische Ansicht des Straßentyps der Entwurfsklasse EKL 3 – Regionalstraßen

Hierbei sind allerdings genügend große Sichtweiten und Spielräume im Gegenverkehr notwendig. Kreuzungen und Einmündungen werden nur bei hoher Verkehrsbelastung signalisiert, alternativ setzen sich auch vermehrt sichere Kreisverkehre durch.

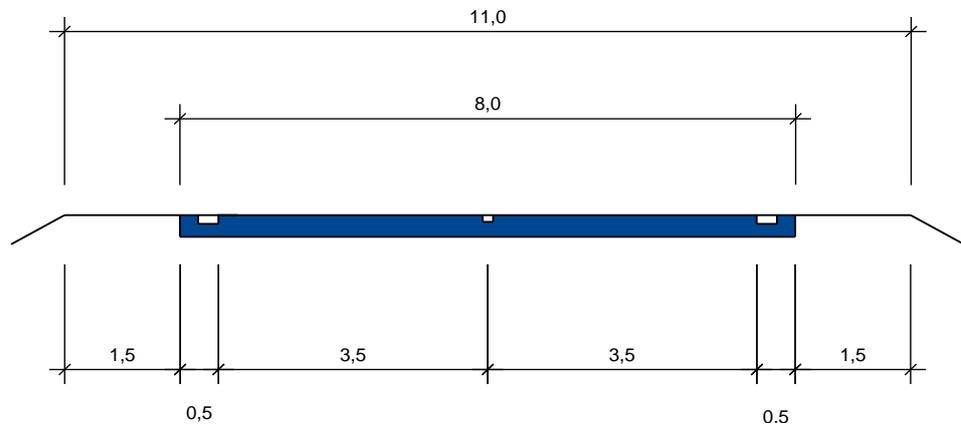


Abbildung 87: Regelquerschnitt für die Entwurfsklasse EKL 3 - RQ 11

Entwurfsklasse EKL 4 – Nahbereichsstraßen

Die schwach belasteten Nahbereichsstraßen sollen nur einen breiten Fahrstreifen ohne Mittelmarkierung aufweisen, der von den Verkehrsteilnehmern in beiden Fahrrichtungen benutzt und durch zwei seitlich vom Fahrbahnrand abgesetzte Leitlinien begrenzt wird (Abbildung 88- Abbildung 89).

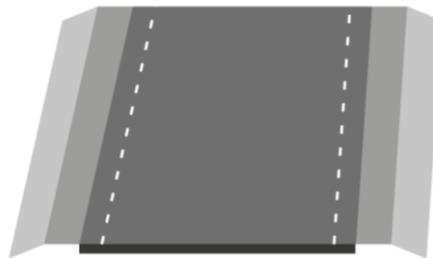


Abbildung 88: Perspektivische Ansicht des Straßentyps der Entwurfsklasse EKL 4 - Nahbereichsstraßen

Diese können bei der Begegnung von zwei Fahrzeugen mit reduzierter Geschwindigkeit überfahren werden. Die breiten abgerückten Randmarkierungen tragen dazu bei, das Abkommen von der Fahrbahn im Begegnungsfall zu vermeiden.

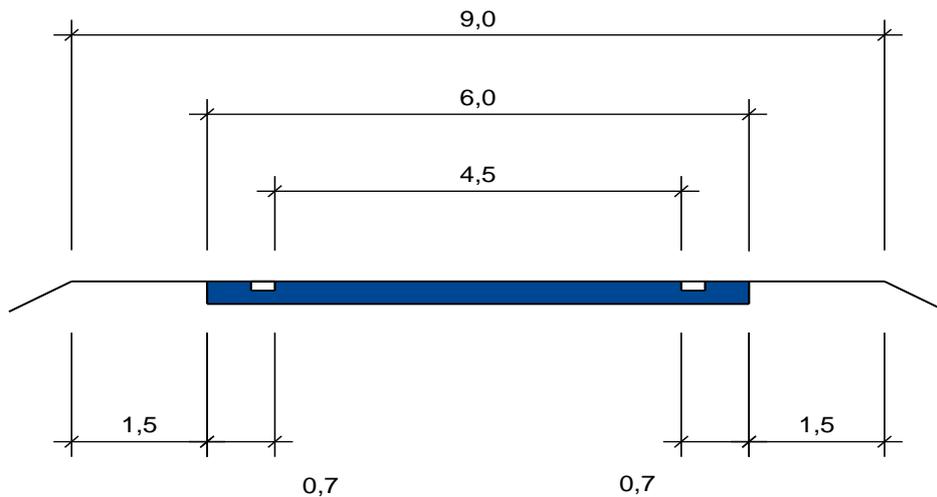


Abbildung 89: Regelquerschnitt für die Entwurfsklasse EKL 4 - RQ 9

Das in den RAL verankerte Entwurfsprinzip funktionsgerechter standardisierter Landstraßen ist in der nachfolgenden Tabelle 18 zusammengestellt. Neben den bereits bekannten Kriterien zur Einteilung in die Entwurfsklassen werden für Landstraßen die angemessenen Fahrgeschwindigkeiten gelistet.

Tabelle 18: Zusammenstellung der Planungsgrundlagen für Landstraßen (RAL)

Straßenkategorie	Entwurfsklassen	Bezeichnung	Verbindungsfunktion	Verbindungsbedeutung	angemessene Fahrgeschwindigkeit	Querschnitt
LS I	EKL 1	Fernstraße	großräumig	hoch	110 km/h	RQ 15,5
LS II	EKL 2	Überregionalstraße	überregional	mittel	100 km/h	RQ 11,5+
LS III	EKL 3	Regionalstraße	regional	gering	90 km/h	RQ 11
LS IV	EKL 4	Nahbereichsstraße	nahräumig	sehr gering	70 km/h	RQ 9

6.3 Bemessung des Straßenoberbaus

Damit ein einheitlicher Befestigungsstandard für alle Verkehrsflächen im öffentlichen Straßenraum garantiert wird, sind für die Bundesrepublik Deutschland die „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen - RStO“ aufgestellt worden.

6.3.1 Anforderungen an den Straßenkörper

Der einheitliche Befestigungsstandard wird durch technisch geeignete und wirtschaftliche Bauweisen erreicht, die Folgendes berücksichtigen müssen:

- die Funktion der Verkehrsfläche
- ihre Verkehrsbelastung
- die Lage im Gelände
- die Bodenverhältnisse
- die Bauweise und der Zustand zu erneuernder Verkehrsflächen
- die Lage zur Umgebung

Damit ergeben sich für den Straßenquerschnitt Regelanordnungen, die dem Planer die Wahl unterschiedlicher Befestigungen (Asphalt-, Beton- oder Pflasterdecke) überlassen.

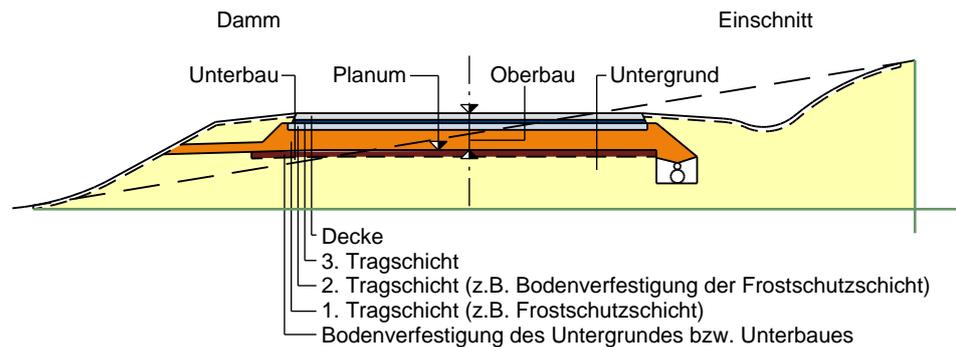


Abbildung 90: In geschlossener Ortslage sowie in geschlossener Ortslage mit wasserdurchlässigen Randbereichen - Damm/Einschnitt

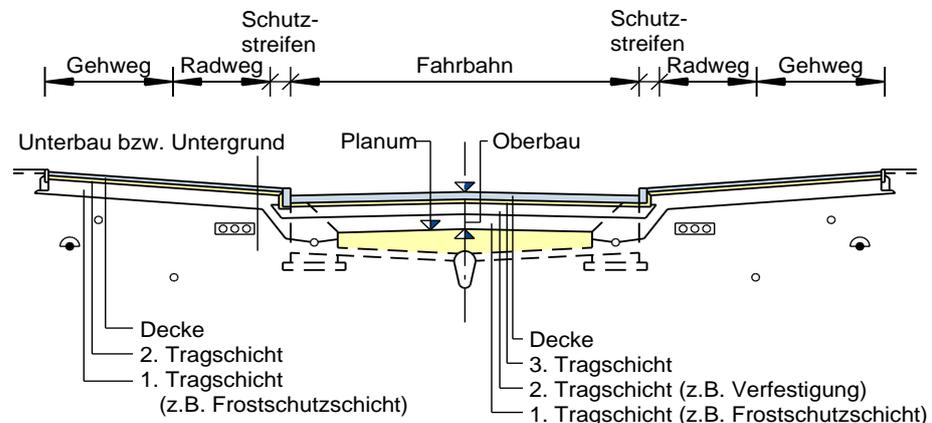


Abbildung 91: In geschlossener Ortslage mit teilweise wasserundurchlässigen Randbereichen sowie mit Entwässerungseinrichtungen

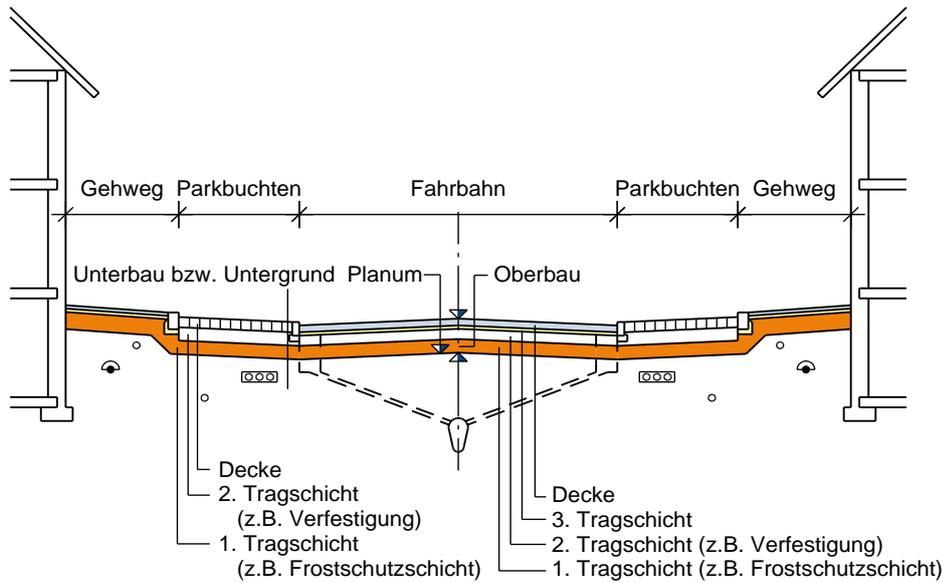


Abbildung 92: In geschlossener Ortslage mit wasserundurchlässigen Randbereichen und geschlossener seitlicher Bebauung sowie mit Entwässerungseinrichtungen

Zwischen den verschiedenen Oberbaukonstruktionen wird eine Gleichwertigkeit angestrebt. Dies bedeutet, dass die Befestigung die angenommene Verkehrsbelastung für die Dauer des festgelegten Nutzungszeitraumes (in der Regel 30 Jahre) aufnehmen kann.

Bei der Auswahl der Oberbauart müssen folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- die Lage der Gewinnungsstelle der benötigten Baustoffe
- die Besonderheiten der Nutzung der Verkehrsflächen
- die Verkehrsführung während der Baudurchführung
- die Auswirkungen auf Erhaltungs- und Reparaturarbeiten

Die jeweilige Bauweise einer Straße ergibt sich aus der vorliegenden Bauklasse. Die Einteilung in eine bestimmte Bauklasse erfolgt nach der Bemessungsrelevanten Beanspruchung B (Tabelle 19).

Tabelle 19: Einteilung der Bauklassen nach RStO

Bemessungsrelevante Beanspruchung B in äquivalenten 10 t-Achsübergänge/ Nutzungsdauer	> 32	> 10 bis 32	> 3 bis 10	> 0,8 bis 3	> 0,3 bis 0,8	> 0,1 bis 0,3	bis 0,1
Bauklasse	SV	I	II	III	IV	V	VI

Wenn in Ausnahmefällen für Verkehrsflächen in der geschlossenen Ortslage die maßgebende Verkehrsbelastungszahl nicht ermittelt werden kann, erfolgt die Einteilung nach der Funktion der Straße gemäß Tabelle 20.

Tabelle 20: Straßenarten und zugeordnete Bauklassen

Zeile	Straßenart	Bauklasse
1	Schnellverkehrsstraße Industriesammelstraße	SV / I / II
2	Hauptverkehrsstraße Industriestraße Straße im Gewerbegebiet	II / III
3	Wohnsammelstraße Fußgängerzone mit Ladeverkehr	III / IV
4	Anliegerstraße befahrbarer Wohnweg Fußgängerzone (ohne Busverkehr)	V / VI

Für Busverkehrsflächen gilt Tabelle 21, für Parkflächen Tabelle 22 und für Verkehrsflächen in Nebenanlagen oder Nebenbetrieben Tabelle 23.

Tabelle 21: Busverkehrsflächen und zugeordnete Bauklassen

Zeile	Busverkehrsfläche	Bemessungsrelevante Beanspruchung B für	Bauklasse mindestens
1	Von Bussen mitbenutzte Fahrstreifen	Fahrstreifen	1)
2	Bushaltestellen im Fahrstreifen der Fahrbahn und im Busfahrstreifen	Fahrstreifen	III ^{2) 3)}
3	Busfahrstreifen	Busfahrstreifen	III ²⁾
4	Busbuchten	Busbucht	III ^{2) 3) 4)}
5	Busbahnhöfe	Fahrgasse Haltestreifen	III ²⁾ III
6	Busparkplätze	Fahrgasse Parkstand	III ²⁾ III

¹⁾ Es ist zu prüfen, ob diese Verkehrsfläche besonderen Beanspruchungen unterliegt.
²⁾ Wenn die Belastung mehr als 150 Busse/Tag beträgt, sollte eine höhere Bauklasse gewählt werden.
³⁾ Abweichend hiervon kann es zweckmäßig sein, die gleiche Bauklasse wie für die angrenzende Fahrbahn zu wählen.
⁴⁾ Wenn die Verkehrsbelastung weniger als 15 Busse/Tag beträgt, kann eine niedrigere Bauklasse gewählt werden.

Abweichend von Tabelle 21 kann es zweckmäßig sein, für Busbuchten die gleiche Bauklasse wie für die angrenzende Fahrbahn zu wählen.

Tabelle 22: Parkflächen und zugeordnete Bauklassen

Zeile	Nutzungsart	Bauklasse
1.1	ständig genutzte Parkflächen	Schwerverkehr
1.2		Pkw-Verkehr mit geringem Schwerverkehranteil
1.3		Pkw-Verkehr
2.1	gelegentlich genutzte Parkflächen	Schwerverkehr
2.2		Pkw-Verkehr mit geringem Schwerverkehranteil
2.3		Pkw-Verkehr
1) Es ist zu prüfen, ob diese Verkehrsfläche besonderen Beanspruchungen unterliegt.		
2) Nach Erfordernis.		

Tabelle 23: Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen und zugeordnete Bauklassen

Zeile	Verkehrsart	Bauklasse
1	Schwerverkehr	III ¹⁾
2	Pkw-Verkehr mit geringem Schwerverkehranteil	IV / V
3	Pkw-Verkehr ²⁾	VI
1) Es ist zu prüfen, ob diese Verkehrsfläche besonderen Beanspruchungen unterliegt.		
2) Gelegentliches Befahren durch Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes möglich.		

Besondere Beanspruchungen von Verkehrsflächen, wie

- spurfahrender Verkehr,
- Steigungsstrecken,
- langsam fahrender Verkehr,
- häufige Brems- und Beschleunigungsvorgänge (z.B. an Knotenpunkten),
- Standverkehr und
- klimatische Bedingungen

müssen bei der Auswahl der Befestigung berücksichtigt werden.

Bei der Auswahl der Baustoffe sowie bei der Zusammensetzung und Herstellung der einzelnen Schichten des Oberbaues ist zu prüfen, ob der Standardaufbau für diese besonderen Beanspruchungen ausreichend ist. Gegebenenfalls können sich entsprechend den Zusätzlichen Technischen Vorschriften und Richtlinien Änderungen gegenüber dem standardisierten Aufbau ergeben.

6.3.2 Dimensionierungsrelevante Beanspruchung B (Belastungsklassen)

Die Ermittlung der bemessungsrelevanten Beanspruchung B kann in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Daten nach zwei Methoden erfolgen:

Berechnung aus detaillierten Achslast-Angaben, die bei der Bundesanstalt für Straßenwesen erhoben werden

Berechnung aus Angaben des $DTV^{(SV)}$

Beide Methoden können mit konstanten oder variablen Faktoren durchgeführt werden.

Methode 1:

Berechnung aus detaillierten Achslastangaben

bei variablen Faktoren:

$$B = 365 \cdot f_3 \cdot \sum_{i=0}^N \left[EDTA_{i-1}^{(SV)} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1 + p_i) \right]$$

$$\text{mit } EDTA_{i-1}^{(SV)} = \sum_k \left[DTA_{(i-1)k}^{(SV)} \cdot \left(\frac{L_k}{L_0} \right)^4 \right]$$

Darin bedeuten:

B	äquivalente 10-t-Achsübergänge im zu Grunde gelegten Nutzungszeitraum
N	Anzahl der Jahre des zu Grunde gelegten Nutzungszeitraums; in der Regel 30 Jahre
f_3	Steigungsfaktor (siehe Tabelle 24)
$EDTA_{i-1}^{(SV)}$	durchschnittliche Anzahl der täglichen äquivalenten des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr $i - 1$
$DTA_{(i-1)k}^{(SV)}$	durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge (Aü) des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr $i - 1$ (Aü / 24 h)
k	Lastklasse, als Gruppe von Einzelachslasten definiert
L_k	mittlere Achslast in der Lastklasse k
L_0	Bezugsachslast: 10 t
f_{1i}	Fahstreifenfaktor im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 26)
f_{2i}	Fahstreifenbreitenfaktor im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 27)
p_i	mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 29); für das erste Jahr wird $p_1 = 0$ angesetzt

bei konstanten Faktoren

Der Gesamtzeitraum kann in Teilbetrachtungszeiträume mit jeweils konstanten Werten für f_1 , f_2 , f_3 und f_z unterteilt werden. Die Berechnung vereinfacht sich je Teilbetrachtungszeitraum ($N > 1$) zu:

$$B = N \cdot \text{EDTA}^{(\text{SV})} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

Wird im 1. Jahr des jeweiligen Betrachtungszeitraumes keine Zunahme des Schwerverkehrs angesetzt ($p_1 = 0$), so gilt $p > 0$ in den Folgejahren:

$$f_z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N}$$

Ist auch im 1. Jahr des jeweiligen Betrachtungszeitraumes eine Zunahme des Schwerverkehrs zu berücksichtigen, dann gilt:

$$f_z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N} \cdot (1+p)$$

Darin bedeuten:

p : mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs (siehe Tabelle 29)

f_z : mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs (siehe Tabelle 30)

Methode 2:

Berechnung aus Angaben des DTV^(SV)

bei variablen Faktoren

$$B = 365 \cdot q_{\text{Bm}} \cdot f_3 \cdot \sum_{i=1}^N \left[\text{DTA}_{i-1}^{(\text{SV})} \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot (1+p_i) \right]$$

$$\text{mit } \text{DTA}_{i-1}^{(\text{SV})} = \text{DTV}_{i-1}^{(\text{SV})} \cdot f_{A i-1}$$

Darin bedeuten:

- | | |
|-----------------|--|
| B | Äquivalente 10-t-Achsübergänge im zu Grunde gelegten Nutzungszeitraum |
| N | Anzahl der Jahre des zu Grunde gelegten Nutzungszeitraums; in der Regel 30 Jahre |
| q_{Bm} | Einer bestimmten Straßenklasse zugeordneter mittlerer Lastkollektivquotient (siehe Tabelle 25), der die straßenklassenspezifische mittlere Beanspruchung der jeweiligen tatsächlichen Achsübergänge ausdrückt (Quotient aus der Summe der äquivalenten 10-t-Achsübergänge und der Summe der tatsächlichen Achsübergänge des Schwerverkehrs (SV) für einen festgelegten Zeitraum in einem Fahrstreifen) |
| f_3 | Steigungsfaktor (siehe Tabelle 28) |

$DTV_{i-1}^{(SV)}$	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr $i - 1$ (Fz / 24 h)
$DTA_{(i-1)}^{(SV)}$	Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge (Aü) des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr $i - 1$ (Aü / 24 h)
$f_{A i-1}$	Durchschnittliche Achszahl pro Fahrzeug des Schwerverkehrs (Achszahlfaktor) im Nutzungsjahr $i - 1$ (A / Fz) (siehe Tabelle 24)
f_{1i}	Fahrstreifenfaktor im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 26)
f_{2i}	Fahrstreifenbreitenfaktor im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 27)
p_i	Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs im Nutzungsjahr i (siehe Tabelle 29)

bei konstanten Faktoren

Der Gesamtzeitraum kann in Teilbetrachtungszeiträume mit jeweils konstanten Werten für f_1 , f_2 , f_3 , f_A , q_{Bm} und f_z unterteilt werden. Die Berechnung vereinfacht sich je Teilbetrachtungszeitraum ($N > 1$) zu:

$$B = N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365$$

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \cdot f_A$$

Wird im 1. Jahr des jeweiligen Betrachtungszeitraumes keine Zunahme des Schwerverkehrs angesetzt ($p_1 = 0$), so gilt $p > 0$ in den Folgejahren:

$$f_z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N}$$

Ist auch im 1. Jahr des jeweiligen Betrachtungszeitraumes eine Zunahme des Schwerverkehrs zu berücksichtigen, dann gilt:

$$f_z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N} \cdot (1+p)$$

Darin bedeuten:

p : mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs (siehe Tabelle 29))

f_z : mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs (siehe Tabelle 30)

Tabelle 24: Achszahlfaktor f_A

Zeile	Straßenklasse	Faktor f_A
1	Bundesautobahnen	4,2
2	Bundesstraßen	3,7
3	Landes- und Kreisstraßen	3,1

Tabelle 25: Lastkollektivquotient q_{Bm}

Zeile	Straßenklasse	Quotient q_{Bm}
1	Bundesautobahnen	0,26
2	Bundesstraßen	0,20
3	Landes- und Kreisstraßen	0,18

Tabelle 26: Fahrstreifenfaktor f_1

Zeile	Zahl der Fahrstreifen, die durch den DTV(SV) erfasst sind	Faktor f_1 bei Erfassung des DTV (SV)	
		in beiden Fahrrichtungen	für jede Fahr- richtung getrennt
1	1	-	1,00
2	2	0,50	0,90
3	3	0,50	0,80
4	4	0,45	0,80
5	5	0,45	0,80
6	6 und mehr	0,40	0,80

Tabelle 27: Fahrstreifenbreitenfaktor f_2

Zeile	Fahrstreifenbreite in m	Faktor f_2
1	< 2,50	2,00
2	2,50 bis < 2,75	1,80
3	2,75 bis < 3,25	1,40
4	3,25 bis < 3,75	1,10
5	$\geq 3,75$	1,00

Tabelle 28: Steigungsfaktor f_3

Zeile	Höchstlängsneigung in %	Faktor f_3
1	< 2,00	1,00
2	2 bis < 4	1,02
3	4 bis <5	1,05
4	5 bis <6	1,09
5	6 bis <7	1,14
6	7 bis <8	1,20
7	8 bis <9	1,27
8	9 bis < 10	1,35
9	≥ 10	1,45

Tabelle 29: Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs p

Zeile	Straßenklasse	p
1	Bundesautobahnen	0,03
2	Bundesstraßen	0,02
3	Landes- und Kreisstraßen	0,01

Tabelle 30: Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerlastverkehrs f_z ohne Zunahme des Schwerverkehrs im ersten Jahr des Betrachtungszeitraumes

Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerlastverkehrs f_z			
Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs p			
N	0,01	0,02	0,03
5	1,020	1,041	1,062
10	1,046	1,095	1,146
15	1,073	1,153	1,240
20	1,101	1,215	1,344
25	1,130	1,281	1,458
30	1,159	1,352	1,586
Im 1. Jahr des Betrachtungszeitraumes $p = 0$			

Tabelle 31: Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerlastverkehrs f_z mit Zunahme des Schwerverkehrs im ersten Jahr des Betrachtungszeitraumes

Mittlerer jährlicher Zuwachsfaktor des Schwerlastverkehrs f_z			
Mittlere jährliche Zunahme des Schwerververkehrs p			
N	0,01	0,02	0,03
10	1,057	1,117	1,181
10	1,046	1,095	1,146
15	1,084	1,176	1,277
20	1,112	1,239	1,384
25	1,141	1,307	1,502
30	1,171	1,379	1,633
Im 1. Jahr des Betrachtungszeitraumes $p > 0$			

Lehrbeispiel

Ermitteln Sie die bemessungsrelevante Beanspruchung B für einen Autobahnneubau bei konstanten Faktoren!

Planungsdaten:

Nutzungszeitraum	N = 30 Jahre
Anzahl der Fahrstreifen	4
Breite der Fahrstreifen	3,75 m
Höchstlängsneigung	4 %

Verkehrsdaten:

DTV^(SV) im 1. Nutzungsjahr 1500 Fz/24 h

mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs vom 2.-4. Nutzungsjahr $p = 0,02$

ab dem 5. Jahr $p = 0,03$

Lösung

Aus Tabelle 24 $f_A = 4,2$

aus Tabelle 25 $q_{Bm} = 0,26$

aus Tabelle 26 $f_1 = 0,45$

aus Tabelle 27 $f_2 = 1,0$

aus Tabelle 28 $f_3 = 1,05$

Für das Jahr 1-4 (ohne Zuwachs im 1. Jahr) gilt:

$$f_z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N} = \frac{(1+0,02)^4 - 1}{0,02 \cdot 4} = 1,03$$

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \cdot f_A = 1500 \cdot 4,2 = 6300 \text{ Aü} / 24 \text{ h}$$

$$\begin{aligned} B_{1...4} &= N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365 \\ &= 4 \cdot 6300 \cdot 0,26 \cdot 0,45 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,03 \cdot 365 \\ &= 1,164 \text{ Mio} \end{aligned}$$

Für die Jahre 5-30 gilt:

$$f_z = \frac{(1+p)^N - 1}{p \cdot N} \cdot (1+p) = \frac{(1+0,03)^{26} - 1}{0,03 \cdot 26} \cdot (1+0,03) = 1,527$$

$$DTA^{(SV)} = DTV^{(SV)} \cdot (1+p)^3 \cdot f_A = 1500 \cdot (1+0,02)^3 \cdot 4,2 = 6685,61 \text{ Aü} / 24 \text{ h}$$

$$\begin{aligned} B_{5...30} &= N \cdot DTA^{(SV)} \cdot q_{Bm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_z \cdot 365 \\ &= 26 \cdot 6685,61 \cdot 0,26 \cdot 0,45 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,527 \cdot 365 \\ &= 11,902 \text{ Mio} \end{aligned}$$

$$B_{ges} = B_{1...4} + B_{5...30} = 1,164 + 11,902 = 13,066 \text{ Mio.}$$



7 Modul 5 LSK 1: „Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen nach BGB und VOB“ (schwerpunktübergreifend)

7.1 Vertragsrecht im Bauwesen

Die Bauwirtschaft unterscheidet sich von anderen Industriezweigen dadurch, dass bei der Herstellung eines Bauwerkes die Akteure, nämlich Besteller (Bauherr), Planer und ausführender Unternehmer in einem besonderen Verhältnis zu einander stehen, indem der Bauherr von Beginn an detailliert und individuell Einfluss auf die Planung und die Errichtung eines Bauwerkes nimmt. Gesetzliche Grundlage für dieses Miteinander ist das Bürgerliche Gesetzbuch (BGB). Es gewährt einen Rechtsrahmen, insbesondere aber kommen die BGB-Regelungen einem oft „ungleichen Partner“, d.h. einem im Vertragsrecht und im Bauen unerfahrenen privaten Bauherrn, der Kaufleuten und Baufachleuten auf der planenden und ausführenden Seite gegenübersteht, zugute.

Da das BGB jedoch nicht auf die besonderen Bedürfnisse des Baumarktes zugeschnitten ist, wurde die VOB als „Verdingungsordnung für Bauleistungen“ erstmals 1926 vom Deutschen Vergabe- und Vertragsausschuss für Bauleistungen (DVA) erarbeitet und veröffentlicht. Im Jahr 2002 wurde die alte Bezeichnung „Verdingungsordnung“ durch „Vergabe- und Vertragsordnung“ ersetzt. In diesem Regelwerk sind insbesondere bei öffentlichen Auftragsvergaben drei Bereiche zu unterscheiden:

Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (**VOB**)

Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen (**VOL**); in der Regel Dienst- und Lieferleistungen jeglicher Art **ohne Bau-** und Montageanteile beim Besteller

Vergabeordnung für freiberufliche Leistungen (**VOF**); (Architekten, Ingenieure)

Seit April 2016 sind die VOF und VOL in die Vergabeverordnung (**VgV**) übergegangen.

7.2 Allgemeine Bestimmungen für die Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen nach VOB/A

7.2.1 Bestimmungen für die Ausschreibung von Bauleistungen

Ausschreiben einer gewünschten Leistung bedeutet, die Bieter über die technischen, qualitativen, quantitativen und rechtlichen Bedingungen zu informieren. Diese Informationen müssen umfassend und eindeutig sein. In den Vergabeunterlagen (Leistungsbeschreibung, Besondere Vertragsbedingungen, Zusätzliche Vertragsbedingungen, etc.) wird die Basis für das später einzugehende Vertragsverhältnis begründet. Was hier nicht geregelt ist, kann später zu Konflikten führen. Die sorgfältige Analyse der für den Einzelfall maßgebenden technischen und rechtlichen Umstände muss ihren Niederschlag in den Vertragsbedingungen und vor allem in der Leistungsbeschreibung finden.

7.2.2 Grundlagen eines Ausschreibungsverfahrens

Ein Vertrag kommt durch Annahme eines Angebotes zu Stande, d.h. zunächst hat der Bieter bzw. mehrere Bieter je ein Angebot zu unterbreiten. Damit es vorgelegt werden kann, ist zuvor genau zu definieren, was der Gegenstand des Angebotes sein soll. Die dafür notwendigen Informationen über die geforderte Leistung sind vom späteren Auftraggeber in den Vergabeunterlagen an den Bieter zu geben. Man bezeichnet dieses Verfahren zur Erlangung von Angeboten als Ausschreibung.

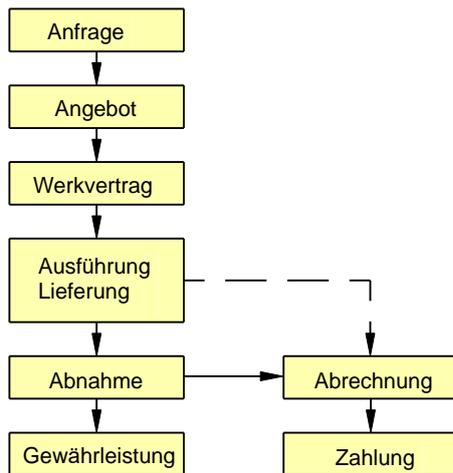


Abbildung 93: Schema für Vergabe und Abwicklung

Die Leistungsbeschreibung ist das Kernstück der Ausschreibung (Vergabeunterlagen) und des Bauvertrages, denn die darin beschriebene Leistung ist Gegenstand der Ausschreibung und des abzuschließenden Vertrages.

Die Leistungsbeschreibung ist zunächst Teil der Ausschreibungsunterlagen, wird dann Teil des Unternehmerangebotes und schließlich Teil des Bauvertrages. Diese dreifache Funktion der Leistungsbeschreibung, insbesondere die der vertraglichen Fixierung, erfordert einen Rechtsgrundsatz.

Der Grundsatz der Leistungsbeschreibung ist in **§ 7 (1) VOB/A** verankert:

„1. Die Leistung ist eindeutig und so erschöpfend zu beschreiben, dass alle Unternehmen die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen und ihre Preise sicher und ohne umfangreiche Vorarbeiten berechnen können.

2. Um eine einwandfreie Preisermittlung zu ermöglichen, sind alle sie beeinflussenden Umstände festzustellen und in den Vergabeunterlagen anzugeben.“

Die wesentlichen Verhältnisse der Baustelle, z. B. Boden- und Wasserverhältnisse, sind so zu beschreiben, dass das Unternehmen ihre Auswirkungen auf die bauliche Anlage und die Bauausführung hinreichend beurteilen kann.

Zu beachten sind auch die „Hinweise zur Aufstellung der Leistungsbeschreibung“ in Abschnitt O der Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen, DIN 18299 ff. (VOB/C).

„(2) In technischen Spezifikationen darf nicht auf eine bestimmte Produktion oder Herkunft oder ein besonderes Verfahren, das die von einem bestimmten Unternehmen bereitgestellten Produkte charakterisiert, oder auf Marken, Patente, Typen oder einen bestimmten Ursprung oder eine bestimmte Produktion verwiesen werden,“ bis auf wenige Ausnahmen. Jede Bezugnahme auf eine ganz bestimmte technische Spezifikation (nach Anhang TS der VOB/A), erfordert den Zusatz „oder gleichwertig“. (§ 7aVOB/A).

Die VOB/A unterscheidet nachfolgend in § 7b eine „Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis“ von der „Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm“ nach § 7c.

7.2.3 Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis (LV) für eine Ausschreibung

Die Leistungsbeschreibung in Form des Leistungsverzeichnisses nach § 7b VOB/A ist die übliche Form. Hier werden die anzubietenden Leistungen im Einzelnen beschrieben und die auszuführenden Mengen pro Leistungseinheit definiert. Das LV ist normalerweise fünfspaltig aufgebaut:

1. Spalte: die Ordnungszahl (POSITION)
2. Spalte: die Menge und Einheit der betreffenden Teilleistung
3. Spalte: der eigentliche Leistungstext
4. Spalte: der Einheitspreis
5. Spalte: der Gesamtpreis der Teilleistung

Maßgebend für die in den Leistungsbeschreibungen enthaltenden Formulierungen sind die in den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV) enthaltenden Festlegungen.

Allgemein gültige technische Aussagen, die für mehrere Positionen zutreffen, können den Einzelbeschreibungen als „Vorbemerkungen“ vorangestellt werden. Dieses Vorgehen erspart Wiederholungen und verkürzt die Texte der Leistungsbeschreibung. Die kleinste Einheit einer Leistungsbeschreibung bezeichnet man als Position.

Hier erfolgt die Definition der geforderten Leistungen nach Art, Qualität, Menge und Dimension. Hierfür hat der Bieter seinen Preis anzubieten. Unter einer Position sind nur gleichartige Leistungen aufzunehmen. Bei den Leistungspositionen unterscheidet man folgende Positionsarten:

Normalposition: Selbstständige Positionen (ohne Zusammenhang mit anderen Positionen)

Grundposition: Normalpositionen (mit Ergänzungen aus Zuschlagspositionen)

Zuschlagsposition: Zuschlag zur Vergütung einer Hauptposition (z.B. Bodenabtrag als Grundposition, Bodenklasse 9 als Zuschlag)

Bedarfsposition/Eventualposition: zum Zeitpunkt der Ausschreibung ist noch nicht feststellbar, ob und ggf. in welchem Umfang die entsprechenden Leistungen zur Ausführung kommen)

Alternativposition: hier behält man sich eine andere Art oder Qualität der Leistung als die zuvor beschriebene vor; hierfür ist nur der Einheitspreis (EP) anzugeben.

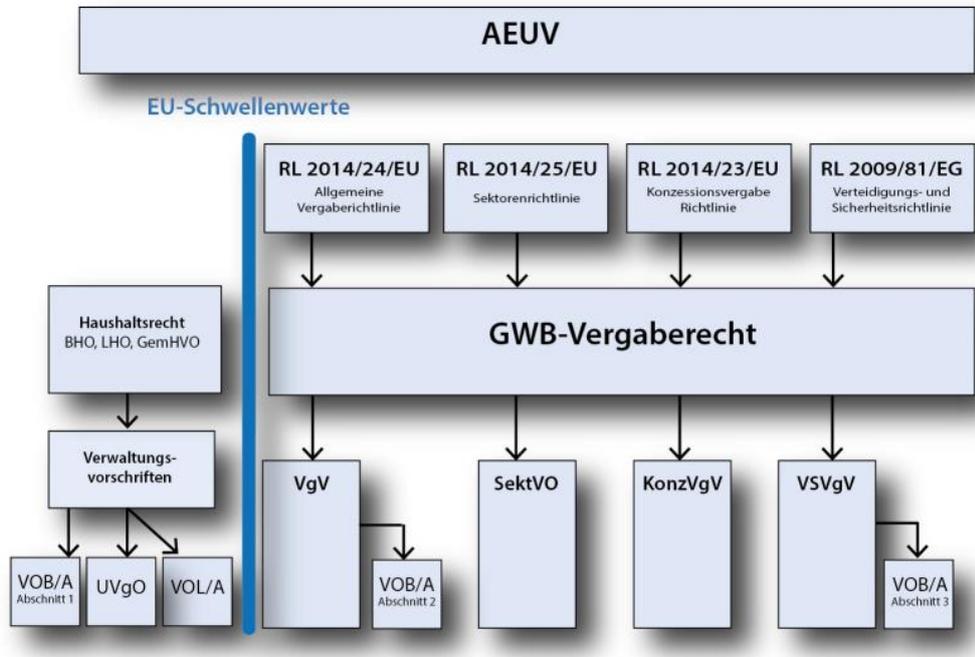
Derartige Positionen enthalten einen verbindlichen Mengenansatz und können an Stelle einer Grundposition zur Ausführung vorgesehen werden, z.B. Betonbordsteine statt Granitbordsteine.

Bedarfs- und Wahlpositionen sind als solche im LV zu bezeichnen oder besonders zu kennzeichnen. Alle Positionsarten sind durch Ordnungszahlen (Positionskennzahl) zu beziffern. Die nächst größere Gliederung in der Leistungsbeschreibung wird nach Titel und Losen vorgenommen.

7.3 Bestimmungen für die Vergabeverfahren von Bauleistungen

7.3.1 Rechtliche Grundlagen der Vergabeverfahren

Überblick über den Aufbau und die Struktur des deutschen Vergaberechts:



AEUV = Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union

Abbildung 94: Vergaberechtsübersicht, © Praxisratgeber Vergaberecht Thomas Ferber e.K.

Die obige Graphik zeigt nochmals deutlich, dass die VOB keinen Gesetzes- oder Verordnungscharakter hat, sondern lediglich als Regelwerk zur Anwendung übernommen wird. Mit der VOB/A 2019 gibt es wesentliche Änderungen im Vergabeverfahren, insbesondere im Abschnitt 1 (Basisparagrafen). Die Vergabe von Bauleistungen erfolgt gemäß § 3 VOB/A unterhalb der Schwellenwerte nach Öffentlicher Ausschreibung, Beschränkter Ausschreibung mit oder ohne Teilnahmewettbewerb oder nach Freihändiger Vergabe.

Bei **Öffentlicher Ausschreibung** werden Bauleistungen im vorgeschriebenen Verfahren nach öffentlicher Aufforderung einer unbeschränkten Zahl von Unternehmen zur Einreichung von Angeboten vergeben. Mit der VOB/A 2019 ist die Beschränkte Ausschreibung mit vorgeschaltetem Teilnahmewettbewerb gleichrangig geworden.

Bei **Beschränkter Ausschreibungen** (Beschränkte Ausschreibung mit oder ohne Teilnahmewettbewerb) werden Bauleistungen im vorgeschriebenen Verfahren nach Aufforderung einer beschränkten Zahl von Unternehmen zur Einreichung von Angeboten vergeben. Deren Eignung und Leistungsfähigkeit ist vor der Aufforderung zur Angebotsabgabe abschließend zu prüfen.

Bei **Freihändiger Vergabe** werden Bauleistungen in einem vereinfachten Verfahren vergeben. Bauleistungen bis zu einem voraussichtlichen Auftragswert von 3.000 Euro können nun per **Direktauftrag** vergeben werden (§ 3a Abs. 4 VOB/A 2019).

Die nachfolgenden §§ 3a und 3b bestimmen im Einzelnen, unter welchen Bedingungen die Verfahren anzuwenden sind und den Verfahrensablauf.

8 Modul 5 LSK 2: „Bauvertragsgestaltung, Bauobjektüberwachung und -betreuung durch den Auftraggeber“ (schwerpunktübergreifend)

8.1 Allgemeine Vertragsbedingungen und Regeln für die Ausführung von Bauleistungen nach VOB/B

8.1.1 Regelungen der Vergütung von Bauleistungen

Allgemeines

Die Vergütung ist als eine Gegenleistung des Auftraggebers für die vom Auftragnehmer ausgeführten Leistungen zu verstehen.

Die für die Vergütung geltenden Preise sind vorher im Bauvertrag und durch das vorher erstellte Leistungsverzeichnis vereinbart worden. Hierdurch sind alle zur vertraglichen Leistung gehörenden Leistungen abgegolten. Die Vergütung wird nach den vertraglich ausgeführten und vertraglich vereinbarten Einheitspreisen abgerechnet. Für andere Abrechnungsarten, wie z.B. Pauschalsummen oder Stundenlohnsätze, muss eine vertragliche Regelung bestehen (siehe § 2 VOB/B).

Preisänderungen

Überschreitung und Unterschreitung des Mengenansatzes um mehr als 10 %

Im Falle einer Überschreitung der Mengen um mehr als 10 % der Mengen laut Leistungsverzeichnis, ist für die bisherigen, die Vergütung bildenden Einheitspreise ein neuer Preis festzulegen. Dieser neue Preis gilt für die über 110 % des LVs hinausgehende Menge.

Bei der Berechnung der neuen Einheitspreise sind die Mehr- oder Minderkosten zu berücksichtigen.

Eine Erhöhung des Mengenansatzes kann sowohl eine Erhöhung aber auch eine Reduzierung der Einheitspreise zur Folge haben.

Beispiel: Mengen-Überschreitung beim Erdaushub

LV-Menge:	5.000 m ³	EP: 4,50 €/m ³	GP: 22500,- €
Abrechnung nach Aufmaß:	7.400 m ³		GP: 33300,- € (mit altem EP)

Neukalkulation:

Gemeinkosten 6,5%: $4,50 \text{ €/m}^3 - (4,50 \text{ €/m}^3 / 1,065) = 0,27 \text{ €/m}^3$

Transportkosten (Raupe): 205,- €

Montagekosten der Geräte: 250,- €

455,- €

Umlage auf 5.000 m³: $(455 \text{ €} / 5.000 \text{ m}^3) = \underline{0,09 \text{ €/m}^3}$

Minderkosten: 0,36 €/m³

Neuer EP: $4,50 \text{ €} - 0,36 \text{ €} = 4,14 \text{ €/m}^3$

Abrechnung: 110 %: $5.500 \text{ m}^3 \cdot 4,50 \text{ €} = 24750,- \text{ €}$
 Rest: $(7.400 \text{ m}^3 - 5.500 \text{ m}^3) \cdot 4,14 \text{ €} = 7866,- \text{ €}$

Gesamtpreis: **32616,- €**

Im Falle einer Unterschreitung des Mengenansatzes um mehr als 10 % ist auf Verlangen des AN der Einheitspreis für die ausgeführte Menge zu erhöhen, außer wenn der AN durch Erhöhungen bei anderen Positionen des Leistungsverzeichnisses einen entsprechenden Ausgleich erhält.

Baustelleneinrichtung, Baustellengemeinkosten und Allgemeine Geschäftskosten als Folgekosten sind auf die verringerten Mengen umzulegen und bewirken daher im Allgemeinen eine Erhöhung der Einheitspreise.

Beispiel: Mengen-Unterschreitung beim Betonstahl ohne Ausgleich durch andere Positionen

LV-Menge:	1.450 t	EP: 550 €/t	GP: 797500,- €
Abrechnung nach Aufmaß:	960 t		GP: 528000,- € (mit altem EP)

Baustelleneinrichtung: keine Umlegung, da als gesonderte Pos. im LV

Gemeinkosten und

Allgem. Geschäftskosten: 24 %

Differenz: $490 \text{ t} \cdot (550 \text{ €/t} - (550 \text{ €/t} / 1,24)) = 52161,- \text{ €}$

Umlage auf Restmenge: $\frac{52161}{960} = 54,33 \text{ €/t}$

Neuer EP: $550 \text{ €/t} + 54,33 \text{ €/t} = 604,33 \text{ €/t}$

Abrechnung: $960 \text{ t} \cdot 604,33 \text{ €/t} = \mathbf{580156,80 \text{ €}}$

8.2 Allgemeine Technische Vertragsbedingungen und Vorschriften über die Ausführung und Abrechnung spezifischer Bauleistungen nach VOB/C

8.2.1 Inhalt und Aufbau der VOB/C

Einführung

Der dritte Teil der VOB (VOB/C) stellt die „Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen ATV“ dar. Hier handelt es sich um eine Zusammenstellung von DIN-Normen, die als allgemein anerkannte Regeln der Technik gelten. Im Teil C der VOB sind somit 66 DIN-Normen enthalten, die zur Kennzeichnung alle mit der Vornummer 18-tausend beginnen.

- Beispiel:**
- a.) HOCHBAU: DIN 18331 - Betonarbeiten
DIN 18300 - Erdarbeiten
DIN 18451 - Gerüstarbeiten
 - b.) TIEFBAU: DIN 18305 - Wasserhaltungsmaßnahmen
DIN 18307 - Druckrohrleitungsarbeiten außerhalb von Gebäuden

Hier werden die auszuführenden Bauarbeiten vom 1. Spatenstich bis hin zur Fertigstellung genau erläutert. Wenn die VOB/B vereinbart ist, gelten automatisch auch die Vorschriften der VOB/C.

Ansonsten gilt die VOB/C als Teil der allgemein anerkannten Regeln der Bautechnik auch, wenn ein BGB-Bauwerkvertrag vereinbart wurde.

Die VOB Teil C ist für Auftraggeber aus dem öffentlichen Sektor bindend, für private Auftraggeber eine Unterstützung.

Aufbau der VOB/C

Gliederung

Alle Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen bzw. jeder Teil der DIN-Normen sind nach einer gleichen einheitlichen Struktur gegliedert:

Abschnitt 0: Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung

Hier wird im Einzelnen dargestellt, was bei der Aufstellung einer Leistungsbeschreibung zu beachten ist (z.B. was ist erwünscht bzw. unerwünscht, erschöpfende und eindeutige Klarstellung gemäß § 7 VOB/A, Nebenleistungen, Abrechnungseinheiten, etc.)

Abschnitt 1: Geltungsbereich

Diese Kennnummer zeigt auf, für welche Arbeiten die betreffende DIN-Norm gilt bzw. in welcher DIN-Norm ähnliche Arbeiten aufzufinden sind. Zusätzlich sind Hinweise auf andere für diese Arbeiten geltende Bestimmungen enthalten.

Abschnitt 2: Stoffe und Bauteile

Hier werden Angaben für die gebräuchlichsten genormten Bauteile und Baustoffe erläutert. Zusätzlich finden sich hier Materialangaben, die für diese Arbeiten eingesetzt werden und entsprechen sollen.

Abschnitt 3: Ausführung

Es wird beschrieben, welche Bestimmungen für die Ausführung der Arbeiten gelten (DIN-Normen, Unfallverhütungsvorschriften und Besonderheiten).

Abschnitt 4: Nebenleistungen, Besondere Leistungen

Im Unterabschnitt 4.1 werden Nebenleistungen aufgeführt, die als Bestandteil einer Hauptleistung anzusehen sind, in der Leistungsbeschreibung nicht zusätzlich erwähnt werden müssen und für die auch keine gesonderten Vergütungen zu zahlen sind.

Im Unterabschnitt 4.2 sind die Besonderen Leistungen enthalten, die nicht als Nebenleistungen nach 4.1 gelten.

Abschnitt 5: Abrechnung

Hierunter wird erläutert, wie ein Aufmaß als Grundlage für eine ordnungsgemäße Abrechnung vorzunehmen ist. Zu beachten sind hier die Bemerkungen über Abzüge und Übermessungsregelungen beim Aufmaß.

8.3 Bauobjektüberwachung und –betreuung durch den Auftraggeber

8.3.1 Allgemeine Baustellenorganisation und Terminplanung

Grundlagen der Bauaufsicht

Die allgemeine Aufsichtspflicht auf der Baustelle wird durch den bauleitenden Architekten bzw. Ingenieur wahrgenommen. Der Bauleiter hat dafür Sorge zu tragen, dass er so oft vor Ort überwachend tätig sein muss, um sicherzustellen, dass das Bauwerk nach der vorgegebenen Planung und Ausschreibung erstellt wird. Die weiteren Vorgaben des Architekten sind ebenfalls einzuhalten. Der Bauleiter hat bei wichtigen Bauabschnitten oder schwierigen Arbeiten auf der Baustelle Anwesenheitspflicht. Eine bedingte Aufsichtspflicht des Bauleiters besteht jedoch, wenn die ausführende Baufirma aufgrund ihrer Fachkenntnis eigenständig Arbeiten auf der Baustelle durchführen kann. Stellt der Bauleiter jedoch Mängel fest, ist angeraten auch diese Arbeiten verstärkt zu überwachen. Auch bei Störungen oder Unklarheiten sollte der Bauleiter als Ansprechpartner stets vor Ort sein.

Eine weitere Aufgabe ist die Aufrechterhaltung der Ordnung auf der Baustelle. So ist es sehr sinnvoll Regelungen z.B. für die Nutzung von Lagerflächen aufzustellen. Die Einhaltung der Sicherheitsregelungen spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Die Aufrechterhaltung der Baustellenordnung ist eine sehr zeitintensive und verantwortungsvolle Tätigkeit. So z.B. werden auf Großbaustellen sehr oft Müllablagen festgestellt, für die sich niemand zuständig fühlt und deren Verursacher sich nicht mehr feststellen lässt. Um die Baustellenordnung aufrecht erhalten zu können hat der Bauleiter die unangenehme Aufgabe der Verfolgung und der Beseitigung dieser Gegebenheiten.

Koordinierungsaufgaben

Die verschiedenen an der Bauausführung und der Bauüberwachung Beteiligten müssen während der Bauphase kontrolliert werden. Die Fachbereiche der Technische Gebäudeausrüstung führen in vielen Fällen eine eigene Bauüberwachung durch. Trotzdem ist es die Aufgabe des Architekten alle Beteiligten wie z.B. auch die Prüf- und Sachverständigen zu koordinieren.

Der Bauleiter trägt die Verantwortung dafür.

Bautagebuch

Das Führen des Bautagebuches ist eines der Hauptpflichten des Bauleiters. Es ist eine Grundleistung nach §34 HOAI der Leitungsphase 8. Das Bautagebuch dient zu Dokumentation des Bauablaufes, in dem alle relevanten Informationen aufgezeichnet werden. Der Bauherr hat das Recht jederzeit das Bautagebuch einzusehen. Bei auftretenden Streitfragen können die Eintragungen als Beweismittel für beide Seiten herangezogen werden. Besonders bei der Durchführung von öffentlichen Bauvorhaben werden Bautagebücher oft von den dort tätigen Prüfinstanzen z.B. Rechnungsprüfungsämter überprüft.

Im Bautagebuch sollten folgende Inhalte erfasst werden:

- Durchgeführte Arbeiten der einzelnen Bauunternehmen
- Anwesenheit der Bauunternehmer auf der Baustelle
- Anlieferung von Baustoffen und Materialien
- Übergabe von Plänen, Proben, Schlüsseln, Rechnungen usw.
- Störungen des Bauablaufs
- Anordnungen durch den Architekten
- Besuche auf der Baustelle
- Angaben zum Wetter

Baubesprechungen

In den regelmäßig stattfindenden Baubesprechungen geht es darum die Leistungen der am Bau Beteiligten zu koordinieren und direkt Lösungen bei Problemstellungen zu erarbeiten und damit schnell Entscheidungen treffen zu können. Bereits im Bauvertrag sollte man die Verbindlichkeit zur Teilnahme regeln. Damit sich alle Beteiligten vorbereiten können sind in der Einladung zur Baubesprechung alle vorgesehenen Tagesordnungspunkte aufzuführen.

Nachfolgende Tagesordnungspunkte werden in Baubesprechungen sehr oft erörtert:

- Koordinierung der Arbeiten
- Klärungen von Behinderungen und Störungen
- Konkretisierungen zur Bauausführung
- Vertragsänderungen

Baustellenbesprechungen sollten klar und strukturiert vorbereitet sein. Zuerst sollten die noch offenen Punkte aus der letzten Besprechung angesprochen und deren Erledigung nachgehalten werden. Die Ergebnisse sind in einem Protokoll mit Ausführungsfristen und Personen bezogen festzuhalten. Das Protokoll ist von allen Beteiligten zu unterzeichnen. Der nächste Termin zur Baubesprechung ist abzustimmen und ins Protokoll aufzunehmen.

Schriftverkehr auf der Baustelle

Es ist unabdingbar, neben den Protokollen der Baubesprechungen viele weitere Gesichtspunkte schriftlich nachzuhalten und gegebenenfalls von den beteiligten Gesprächspartnern unterzeichnen zu lassen. Dazu gehören z.B.

- Vereinbarungen vor Vertragsabschluss
- Protokolle zur Baustelleneinweisung
- Protokoll zu Klärungsgesprächen
- Abnahmeprotokolle

Allgemeiner Schriftverkehr

Der Bauleiter hat neben der Bauaufsicht die Aufgabe, den allgemeinen Schriftverkehr auszuführen. Dieser Schriftverkehr beinhaltet sehr oft Fragen zur Vertragsabwicklung, Bedenken und Behinderungsanzeigen, Anordnungen oder Mahnungen. Deshalb ist die Archivierung dieser Schriftstücke besonders wichtig, um im Falle von Streitigkeiten diese als Beweismittel dienen können.

Dokumentation auf der Baustelle

Die Dokumentation des Baugeschehen sollte täglich erfolgen. Dieses passiert über das nach HOAI zu führende Bautagebuch. In der heutigen Zeit erfolgt dies in der Regel mit Hilfe der EDV. Es ist aber zu empfehlen das der Bauleiter neben dem Bautagebuch ein zusätzliches Heft mit seinen persönlichen Eindrücken und Geschehnisse des täglichen Baugeschehen führt. Das können z.B. Ergänzungen zum Bauvertrag, Nachträge, Stundenlohnberichte, Abschlagsrechnungen und Kostenverfolgung, Bauvertrag, Schlussrechnungen oder Kostenfeststellungen sein.

Planverwaltung

Bei der Abwicklung einer Baumaßnahme ist eine weitere wichtige Aufgabe des Bauleiters die Verwaltung der Planungsgrundlagen. Wichtig ist besonders, dass immer der aktuelle Stand der Planung den ausführenden Firmen zur Verfügung steht. Da sich die Ausführungsplanung auch während der Bauausführung des Bauwerkes ändern kann, ergeben sich zwangsläufig Planänderungen.

Um diese geänderten Pläne nachhalten zu können empfiehlt es sich eine Planausgangsliste mit folgendem Inhalt zu führen:

Datum der Übergabe, Plannummer, Planstand, Verfasser und Herkunft, Planinhalt/-bezeichnung, Anzahl der übergebenen Pläne.

Fotodokumentation

Das Begleiten des Baufortschrittes mit einer fotografischen Dokumentation stellt eine wertvolle Hilfe für den Auftraggeber wie auch den Auftragnehmer dar. Sie ist nicht vorgeschrieben. Durch den Einsatz der digitalen Fotografie (z.B. Handy) lassen sich schnell und einfach Bauzustände festhalten und digital archivieren. Durch die Verwendung einer Kamera mit Datums- und Uhrzeitangabe lassen sich die Bilder auch später, zeitlich genau einordnen.

Vor Arbeitsbeginn

Das vorgefundene Baugelände bzw. vorgefundene Bausubstanz sollten vor Beginn der Arbeiten mit Bildern dokumentiert werden. Das Hilft Schäden am vorhandenen Gebäude oder einen Behinderungsgrad (Bäume und Strauchwerk oder Müll auf dem Grundstück) festzuhalten.

Von abgeschlossenen Teilabschnitten

Sollte eine Teilabnahme von bestimmten Gebäuden oder deren Teile anstehen, kann eine Fotodokumentation sehr wertvoll sein. Dadurch lassen sich spätere Beschädigungen oder noch fehlende Arbeiten nachweisen und Probleme bei der Mängelbeseitigung abschaffen.

Schäden oder Verschmutzungen

Werden Schäden oder Verschmutzungen an der fertiggestellten oder an bestehender Bausubstanz festgestellt, sind diese schnellstmöglich durch Photographien zu sichern. Leider ist damit nicht der Verursacher festgestellt. Es ist aber hilfreich den entstandenen Schaden eindeutig zu belegen.

Behinderungsursachen

Wird ein Bauunternehmen bei der Ausführung ihrer Leistung behindert, hilft eine fotografische Darstellung die Behinderung zu dokumentieren. Die Behinderungsanzeige kann durch den Bildnachweis, als eindeutigen Beweis, ergänzt werden. Im Streitfalle hilft diese Dokumentation um für Klarheit zu sorgen.

Fertigstellung der Baumaßnahme

Ist die Baumaßnahme komplett fertiggestellt, sollte der Bauleiter auch im eigenen Interesse das gesamte Bauwerk mit Fotos dokumentieren. Das hilft besonders bei der Abnahme die erbrachten Leistungen zu belegen bzw. aufgestellte Behauptungen widerlegen zu können.

Sicherheit und Arbeitsschutz

Ob Arbeitskräfte, Architekten oder Bauherren – alle am Bau beteiligten sind unterschiedlichen Gefahrensituationen ausgesetzt. Um das Unfallpotential möglichst gering zu halten, ist die Sicherung einer Baustelle von hoher Bedeutung.

Neben dem Bauleiter sorgen:

die Bau-Berufsgenossenschaft,
das staatliche Amt für Arbeitsschutz,
der Sicherheits- und Gesundheitskoordinator (SiGeKo),
und eventuell das Umweltamt

für die Sicherheit auf der Baustelle.

Nach der Baustellenverordnung (Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen) ist nach § 3 auf jeder Baustelle auf die mehrere Beschäftigte des Arbeitgebers tätig sind, ein Sicherheits- und Gesundheitskoordinator einzurichten. Der Bauherr kann diese Aufgabe selbst übernehmen oder einen Dritten beauftragen.

Bei jeder Baustelle, die länger als 30 Arbeitstage dauert und bei der mehr als 20 Beschäftigte gleichzeitig tätig sind oder der Umfang der Arbeiten voraussichtlich 500 Personentage überschreitet ist das Amt für Arbeitsschutz mindestens 2 Wochen vor Einrichtung der Baustelle zu informieren. Durch regelmäßige Besuche der Baustelle prüft der SiGeKo die Einhaltung aller Sicherheits- und Arbeitsschutzregelungen. Ebenso kontrolliert das Amt für Arbeitsschutz. Sollten z.B. kontaminierte Böden aus der Baustelle vorgefunden werden wird sich zusätzlich das Umweltamt einschalten. Die Bau-Berufsgenossenschaft kontrolliert ebenfalls die Einhaltung von Sicherheits- und Arbeitsschutzvorschriften nach ihren eigenen Regelwerken.

Es ist ratsam, den SiGeKo bereits in der Planungsphase zu beteiligen, um den Sicherheits- und den Gesundheitsschutz in der Planung- und Ausschreibungsphase bereits zu berücksichtigen.

Der SiGeKo weist auf Missstände und Sicherheitsmängel bei seinen Besuchen auf der Baustelle hin. Da er aber nicht weisungsbefugt ist, außer wenn Gefahr für Leib und Leben besteht, sind diese Mängel von der örtlichen Bauleitung bzw. den ausführenden Firmen abzustellen. Sollten diese Hinweise zu Mehrkosten führen muss der Bauleiter den Bauherrn darüber informieren und seine Zustimmung einholen. Würde der Bauleiter jedoch die Hinweise des SiGeKo nicht beachten, kann er dafür haftbar gemacht werden. Deshalb ist es erforderlich das der Bauleiter auf die Einhaltung dieser Vorgaben besonders achtet und diese immer wieder bei den ausführenden Firmen einfordert.

Terminplanung

Eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Projektdurchführung aufgrund von engen Zeitvorgaben und stark vernetzten Abläufen im Planungs- und Bauprozess ist die Terminplanung. Architekten sind in der Pflicht, alle Beteiligten zielorientiert zu steuern und deren Leistungen zum richtigen Zeitpunkt abzurufen. Dabei ist eine konsequente und an die Arbeitsabläufe angepasste Planung der Termine ein notwendiges Arbeitsinstrument, um in der täglichen Arbeit die Komplexität eines Bauprojektes steuern und überwachen zu können.

Der Architekt muss dem Bauherren Auskunft geben können, wie lange die Planung und Ausführung dauern wird. Dies dient als Grundlage für die Entscheidung der Bauherren ob überhaupt die anstehende Baumaßnahme ausgeführt wird. Ist die Entscheidung zur Durchführung der Baumaßnahme gefallen, sollte nach Leistungsphase 8 der HOAI ein Terminplan aufgestellt werden.

Für die Darstellung sind folgende Methoden möglich:

Balkendiagramm Mit dem Balkendiagramm werden die ineinandergreifenden Bauarbeiten und deren Koordinierung für alle am Bau Beteiligten sichtbar und deren Umsetzung möglich. An der Aufstellung sind auch die Beteiligten der Fachplanungen wie z. B. Statiker, Haustechnik usw. eingebunden. Die im Balkendiagramm eingetragenen Termine rufen die Durchführung der Leistung ab. Aufgrund der einfachen Lesbarkeit eines Balkendiagrammes ist die häufigste angewandte Form im Hochbau für die Darstellung eines Terminplanes.

Weg-Zeit-Diagramm (vorrangig im Tief-, Straßen-, Rohrleitungs- und Gleisbau), teils abgewandelt auch als Geschwindigkeitsdiagramm, Zeit-Volumen-Diagramm benannt,

Netzplantechnik, vorrangig für komplexe Bauvorhaben (nach der Methode des "kritischen Wegs" unter Beachtung der DIN 69900).

Durch eine gute Terminplanung können bei allen Baumaßnahmen Verzögerungen und dadurch finanzielle Schäden vermieden werden.

Die Darstellung der zeitlichen Abfolge der verschiedenen Gewerke ermöglicht zu jedem Zeitpunkt der Bauphase einen Soll-Ist-Vergleich, die einzelnen Bauabschnitte und Bauleistungen sind differenziert aufgelistet. Aus dem Bauzeitplan müssen folgende Angaben ersichtlich sein:

Arbeitsabschnitte sowie Tag, Woche und Monat für Beginn und Ende der Arbeiten

Darstellung der technologischen Abhängigkeiten der Gewerke

Wert- oder mengenmäßige Bauleistungen

Anzahl der für die Bauarbeiten eingesetzten Arbeitskräfte und Aufsichtspersonen sowie deren tageweise Addition

Angaben zu den einzusetzenden Baumaschinen und Geräten (Anzahl, Einsatzdauer), Termine für den Antransport von Baustoffen

Einsatz von Eigenleistungen oder Subunternehmen

Informationen zu Zwischenprüfungen und Teilabnahmen

Termine der Abschlagsrechnungen für die erbrachten Bauleistungen

Obwohl es im Interesse aller Vertragspartner liegen sollte, vereinbarte Fristen einzuhalten, können sich in der Praxis viele Unwägbarkeiten ergeben und Vorfälle ereignen, die zu einer Bauverzögerung führen. Auftraggeber sollten daher wissen, dass nur die Verletzung verbindlicher Vertragsfristen zu einem Rechtsanspruch auf Schadenersatz oder Vertragskündigung gegenüber dem Auftragnehmer führt. Automatisch in Verzug kommt das Bauunternehmen nur dann, wenn es die im Plan aufgeführten verbindlichen

1. wenn es sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, sonst
2. für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann.

Einem Sachmangel steht es gleich, wenn der Unternehmer ein anderes als das bestellte Werk oder das Werk in zu geringer Menge herstellt.

(3) Das Werk ist frei von Rechtsmängeln, wenn Dritte in Bezug auf das Werk keine oder nur die im Vertrag übernommenen Rechte gegen den Besteller geltend machen können.

Die Qualitätssicherung von Bauleistungen können durch verschiedene Überwachungsprozesse des Bauleiters sichergestellt werden.

Objektüberwachung

Die Objektüberwachung – Bauüberwachung nach Leistungsphase 8, Anlage 10 zu §§34 der HOAI beschreibt diese Aufgaben. Die Ausführung der Bauleistungen zu überwachen ist sicherlich die wichtigste Aufgabe. Damit kann sichergestellt werden, dass dem Bauherrn/Auftraggeber ein mangelfreies Werk übergeben wird.

Die Einhaltung der öffentlichen-rechtlichen Vorgaben aus der Baugenehmigung sind ständig auf Einhaltung zu prüfen. Damit wird sichergestellt, dass bei den Bauzustandsbesichtigungen (z.B. Rohbauabnahme) durch die Bauaufsichtsbehörde keine Abweichungen festgestellt werden, um den Erfolg des Projektes nicht in Gefahr zu bringen.

Die Überwachung auf Übereinstimmung mit den Verträgen der bauausführenden Unternehmer bezieht sich nicht nur darauf zu kontrollieren ob die ausgeschriebenen Leistungen auch an der Baustelle umgesetzt werden, sondern das darüber hinaus weitere Qualitäten wie z.B. der Termineinhaltung, der Wirtschaftlichkeit, die in den Vertragsbedingungen enthalten sind, umgesetzt werden.

Die Ausführung des Objektes ist auf Übereinstimmung mit den Ausführungsunterlagen ebenfalls zu überwachen. Dies gehört zu den Grundleistungen der Leistungsphase 8 der HOAI. Zu den Ausführungsunterlagen gehören nicht nur die Ausführungspläne, sondern auch textliche Angaben und weitere Beschreibungen zur Ausführung der geplanten Baumaßnahme. Der Bauleiter muss sicherstellen, dass neben der Einhaltung auch gestalterische Wünsche des Bauherrn umgesetzt werden.

Eine weitere Aufgabe ist, die Ausführung des Objektes auf Einhaltung der einschlägigen Vorschriften sowie mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu überwachen. Der Begriff „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ ist gesetzlich nicht dargelegt.

Es handelt sich hierbei um einen Standard der Bautechnik von denen die am Bau beteiligten Fachleute von der Richtigkeit überzeugt sind. Dieser Standard hat in der Praxis Eingang gefunden, ist erprobt und hat sich bewährt. Zu den anerkannten Regelungen der Technik gehören unter anderem:

Internationale Organisation für Standardisierung ISO,
 Europa-Normen EN,
 Deutsche-Normen DIN,
 Verein Deutscher Ingenieure VDI,
 Verband der Elektrotechnik VDE,
 Merkblätter des Zentralverbandes des Deutschen Baugewerbes ZDB,
 Richtlinien der Berufsverbände und Dachorganisationen im Handwerk,
 Berufsgenossenschaftliche Vorschriften und Regeln BVG und BGR,
 Empfehlungen der Bundesanstalt für Straßenwesen BAST usw.

Das *Deutsche Institut für Normung e.V.* (DIN) ist die unabhängige Plattform für Normung und Standardisierung in Deutschland. Durch die Übertragung der Normenorganisation an das *Comité Européen de Normalisation* (CEN) wird dies auf europäischer Ebene fortgeführt. CEN fördert die Harmonisierung von bestehenden Normen und die Erarbeitung von neuen EU weit gültigen Regelwerken. Europäische Normen (EN) werden in nationale Normen, in Deutschland in DIN-Normen, überführt. Dies kann dazu führen, dass nationale Normen zurückgezogen werden. Das Deutsche Institut für Bautechnik gibt die nationalen und internationalen Normen in den Bauregellisten A Teile 1-3, B 1-2 und C bekannt. Dadurch werden die Voraussetzungen für die Verwendung von Bauprodukten und Bauarten geschaffen.

Dem Bauleiter bzw. Architekt obliegt die Koordinierung der fachlich Beteiligten. Hierzu gehören z.B. die Fachplaner für Schall- und Wärmeschutz, Raumakustik, Technische Gebäudeausrüstung, Tragwerksplaner, Brandschutz oder Barrierefreiheit. Diese besonders geschulten und zertifizierten Spezialisten unterstützen mit Ihrem Fachwissen die Objektüberwachung des Bauleiters.

Zu den weiteren Aufgaben des Bauleiters gehört die Überwachung der verwendeten Baustoffe. Der öffentliche Bauherr bzw. die VOB § 7 (2) verlangt eine produktneutrale Ausschreibung. Bei der Nennung eines Produktes in der Ausschreibung hat grundsätzlich der Zusatz „gleichwertig“ zu erfolgen. Die Prüfung der Einhaltung dieser Vorschrift erfolgt bei der Wertung der Angebote. Der Auftragnehmer hat die Gleichwertigkeit nachzuweisen. Kann er das nicht, ist er von der Vergabe auszuschließen.

In der Praxis ist es jedoch schwierig, die Gleichwertigkeit nachzuweisen. Sehr oft passiert es auch, meistens wegen Lieferschwierigkeiten, dass das ausgeschriebene Produkt nicht zur Verfügung steht. Hier obliegt es dem Bauleiter bei der Anlieferung des nicht vorgesehenen Produktes darauf zu achten, dass die Gleichwertigkeit gewahrt bleibt. Bei zertifizierten Bauprodukten kann er schon auf der Verpackung bzw. der mitgelieferten Produktbeschreibung die Gleichwertigkeit erkennen. Hat er jedoch Zweifel ist die Verwendung zu stoppen. Die verwendeten Bauprodukte müssen bauaufsichtlich zugelassen sein. Weitere verschiedene Gütesiegel wie z.B. RAL beinhalten eine Güteüberwachung. Der „blaue Engel“ beschreibt zusätzlich besondere Qualitäten zu Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit. Diese Produkteigenschaften sind aber nur anzuwenden, wenn diese vom Bauherrn gefordert werden.

Das Deutsche Institut für Bautechnik hat eine zentrale Funktion im Bauwesen: Mit seinen Zulassungen, Genehmigungen und Bewertungen gewährleistet es die Sicherheit von Bauwerken und unterstützt gleichzeitig die Entwicklung neuer Bauprodukte und Bauarten. Das DIBt ist eine technische Behörde und zugleich Dienstleister für die Bauwirtschaft. Die Erteilung von **allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen** (abZ) gehört seit der Institutsgründung 1968 zu den Kernaufgaben des Instituts. In der abZ werden die bauaufsichtlich relevanten Eigenschaften des Bauprodukts, dessen Verwendungsbereiche sowie Verarbeitung, Transport, Lagerung, Kennzeichnung und Übereinstimmungsbestätigung geregelt. Die abZ werden in der Regel für die Dauer von 5 Jahren erteilt.

Im Lauf der Zeit sind weitere technische Nachweise für Bauprodukte und Bauarten hinzugekommen, insbesondere Europäische Technische Bewertungen (ETA), Bauartgenehmigungen und Gutachten in Angelegenheiten der Bautechnik. Die Europäische Technische Bewertung bietet ein europaweit einheitliches, unabhängiges Verfahren zur Bewertung der wesentlichen Leistungsmerkmale eines Bauprodukts. Rechtsgrundlage des ETA-Verfahrens ist die Verordnung (EU) Nr. 305/2011 (Bauproduktenverordnung). Die Abkürzung ETA leitet sich vom englischen Begriff „European Technical Assessment“ ab.

Das ETA-Verfahren ermöglicht die CE-Kennzeichnung von Bauprodukten, für die keine harmonisierte Norm vorliegt. Mit der ETA kann das Produkt so frei auf dem

europäischen Markt gehandelt werden. Liegt bereits eine harmonisierte Norm vor, können über die ETA zusätzliche Wesentliche Merkmale in die CE-Kennzeichnung aufgenommen werden, die in der Norm fehlen oder für die die Norm kein geeignetes Prüfverfahren vorsieht. Europäische Technische Bewertungen sind zeitlich unbefristet und gelten, solange das Produkt selbst nicht verändert wird und sich keine relevanten Änderungen in den Normbezügen, Prüfgrundlagen und technischen Erkenntnissen ergeben.

Liegen für Bauprodukte keine allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen oder allgemeine Bauaufsichtliche Prüfzeugnisse vor, dürfen im Einzelfall, mit Zustimmung der obersten Bauaufsichtsbehörde, diese eingesetzt werden, wenn die Verwendbarkeit nachgewiesen ist.

Ungenauigkeiten im Bauprozess und Toleranzen bei der Erstellung von Bauteilen geben immer Anlass zu Streitigkeiten. Welche Toleranzen im Hochbau zulässig sind, ist in der DIN 18202 beschreiben.

Die bedeutet eine erforderliche Überprüfung oder eine Kontrollmessung zur Sicherstellung der Funktionstauglichkeit und des reibungslosen Zusammenfügens von Bauteilen und -schichten, ohne den dann erforderlich werdenden Nach- und Mehrarbeiten. Das betrifft besonders bei der Übergabe zwischen den einzelnen Gewerken des Roh- und Ausbaus zu.

Wenn ersichtlich ist, dass ein Gewerk nicht fachgerecht ausgeführt wird, ist angeraten eine Maßprüfung durchzuführen. Ebenso sinnvoll ist es, die Herstellung oder das Einfügen von Bauteilen, die für die Maßhaltigkeit des Gesamtbauwerks besonders wichtig sind, durch Zwischenkontrollen qualitativ zu sichern. Der Anlass zu einer Prüfung kann bei einer bereits fertiggestellten Leistung oder aber auch bei einer Leistung, die gerade erstellt wird, gegeben sein. Im ersten Fall wird geprüft, ob die Leistung den Vorgaben der Maßhaltigkeit entspricht und somit an das Nachfolgewerk übergeben werden kann. Im zweiten Fall dienen die Messungen dazu, mögliche Fehler früh zu erkennen und diese korrigieren zu können.

Um Maßabweichungen, die durch Verformungen von Bauteilen und -stoffen auftreten, weitestgehend ausschließen zu können, ist eine Prüfung möglichst früh anzusetzen. Wenn die Prüfung erst durchgeführt wird, wenn Verformungen am Gebäude bereits eingetreten sind, sind die Messergebnisse zweifelhaft. Es kann nicht mehr sicher gesagt werden, welche Maßabweichungen aufgrund der Herstellung aufgetreten und welche zeit- und lastabhängigen Verformungen zuzuordnen sind.

Der beste Zeitpunkt für eine Prüfung ist unmittelbar nach der Fertigstellung einer in sich geschlossenen Teilleistung. Eine Überprüfung sollte jedoch spätestens bei der Übergabe an das nachfolgende Gewerk erfolgen oder bei der Bauabnahme.

8.3.3 Abnahme der Bauleistungen

Die Abnahme der Bauleistung ist neben der Unterzeichnung des Kaufvertrags der wichtigste Schritt für den Auftraggeber. Die Bauabnahme beendet die Bauphase und startet die Nutzungsphase. Gleichzeitig übernehmen der Bauherr bzw. der Besitzer des Gebäudes alle damit verbundenen Rechte und Pflichten. Mit der Abnahme der Bauleistungen bleibt nur noch die Gewährleistungspflicht für die durchgeführten Arbeiten bestehen.

Aus der Bauabnahme entstehen folgende Rechtsfolgen:

Der Bauherr ist verpflichtet, die Bauleistung bzw. den Werklohn zu bezahlen.

Es beginnt die Verjährungsfrist für mögliche Ansprüche aus Baumängeln.

Der Bauherr trägt nun die Verantwortung für Schäden am Gebäude, die nicht aufgrund von Mängeln entstehen.

Der Bauherr hat keine Mängelansprüche, wenn er diese nicht im Abnahmeprotokoll auflistet, sind.

Es besteht bei Baumängeln nun das Prinzip der Beweislastumkehr: Nach der Bauabnahme muss der Bauherr nachweisen, dass ein Mangel besteht. Die Umkehr gilt für Mängel, die nicht im Abnahmeprotokoll aufgenommen wurden.

Förmliche Abnahme der Bauleistung nach BGB und VOB

Das Bürgerliche Gesetzbuch (BGB) verlangt eine Abnahme bei Kauf- und Werkverträgen. Der wesentliche Unterschied ist, dass bei Kaufverträgen die Abnahme des Käufers (Übergang des Besitzes eines Gegenstandes) eine Nebenpflicht ist. Bei Werkverträgen wird die Abnahme vom Auftraggeber hingegen zur Hauptpflicht. Der Bauherr bzw. Auftraggeber muss den Auftragnehmer aus seiner Erfüllungspflicht entlassen und seine Leistung für erfüllt erklären.

Die Abnahme nach der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) bedarf der förmlichen schriftlichen Vertragsvereinbarung. Bei den privaten Auftraggebern reicht es aus, dass dieser Kenntnis vom VOB/B Wortlaut erlangt. Dazu genügt die Aushändigung der VOB/B vom Auftragnehmer an den Auftraggeber vor Vertragsabschluss.

Die Abnahme ist im §12 Abs 1-6 VOB/B deutlich ausführlicher als im BGB geregelt, insbesondere die Durchführung der Abnahme.

Die VOB/B unterscheidet folgende Arten der Abnahme:

formlose Abnahme nach § 12 (1) VOB/B:

verlangt der Auftragnehmer nach Fertigstellung der Leistung die Abnahme, so hat der Auftraggeber binnen 12 Werktagen die Abnahme durchzuführen.

förmliche Abnahme nach § 12 (4) VOB/B:

hat stattzufinden, wenn eine Partei es verlangt, der Befund ist schriftlich in einer Abnahmeniederschrift (Ergebnisprotokoll; Vermerk eventueller Vorbehalte oder Einwendungen) festzuhalten. Jeder Teilnehmer erhält eine Ausfertigung des Abnahmeprotokolls. Der Auftragnehmer darf fehlen, wenn ein Termin vereinbart war.

fiktive Abnahme nach Fertigstellung gemäß § 12 (5.1) VOB/B:

das Werk gilt mit Ablauf von 12 Werktagen nach schriftlicher Mitteilung über die Fertigstellung als abgenommen, obwohl keine Abnahme verlangt wurde.

fiktive Abnahme durch Benutzung gemäß § 12 (5.2) VOB/B:

wenn keine Abnahme verlangt wird und nehmen der Auftraggeber die Leistung oder eine Teilleistung in Benutzung, so gilt das Werk nach 6 Werktagen ab Benutzung als abgenommen.

Wenn es verlangt wird, sind in sich geschlossene Teilleistungen oder andere Teile der Leistung, wenn sie durch die weitere Ausführung der Prüfung und Feststellung entzogen werden, nach § 12 (2) VOB/B abzunehmen.

Beispiel: Beim Neubau einer Schule mit mehreren Gebäudeteilen ist bereits die Turnhalle fertig gestellt. Die Turnhalle ist ein abgeschlossener Teil der Leistung und ist somit auf Verlangen getrennt abzunehmen.

Abnahmeverweigerung

Verweigert der Auftraggeber die Abnahme, so ist zu unterscheiden:

Handelt es sich um einen BGB-Werkvertrag, dann berechtigt den Auftraggeber grundsätzlich jeder Mangel, die Abnahme zu verweigern (§ 640 BGB). Eine Ausnahme gilt hier nur, wenn der Mangel so geringfügig ist, dass die Abnahmeverweigerung als treuwidrig erscheint.

Beim VOB-Werkvertrag kann die Abnahme gemäß § 12 (3) VOB/B nur wegen wesentlicher Mängel bis zu deren Beseitigung verweigert werden. Wesentliche Mängel liegen vor, wenn:

zugesicherte Eigenschaften fehlen
das Werk nicht den anerkannten Regeln der Technik entspricht
die Gebrauchstauglichkeit erheblich eingeschränkt oder gar aufgehoben ist

Ein Beispiel aus der Praxis zur besseren Verständlichkeit: Bei der Abnahme entdeckt der Bauherr an der Wärmedämmverbund-Fassade einen kleinen Riss. Dieser ist dann als unwesentlicher Mangel hinzunehmen, wenn es sich nur um eine optische Einschränkung, die kaum erkennbar ist, handelt.

Bei der Abnahme sollten folgende Punkte Beachtung finden:

Erfasste Mängel sind in ein Abnahmeprotokoll unbedingt und ausnahmslos aufzunehmen. Im Protokoll sollten folgende Informationen enthalten sein:

Detaillierte Angaben zu den individuellen Mängeln inklusive genauer Beschreibung und exakter Standort, ohne Vermuten zur Ursache. Es sollte nur der Ist- vom Soll-Zustand beschreiben werden und wie dieser abweicht.

Fügen Sie Fotos hinzu, um festgestellte Mängel auch bildlich zu dokumentieren.

Vorbehalte bezüglich einer gegebenenfalls eintretenden Vertragsstrafe.

Exakte Terminangaben zur Mängelbeseitigung.

Informationen zum Abnahmedatum (Gewährleistungsfrist).

Jeder Mangel ist zu protokollieren, damit zu einem späteren Zeitpunkt eine Chance besteht Nachbesserung oder Schadensersatz zu bekommen, auch wenn er noch so unbedeutend erscheint. Dem Auftraggeber obliegt die Beweispflicht während der Gewährleistungszeit. Die vertraglich vereinbarte Leistung wurde durch die Leistung des Auftragnehmers bereits wie vereinbart geliefert.

Es lässt sich nicht immer einfach beantworten, ob eine falsche Ausführung automatisch einen Mangel darstellt. So kann eine vom Plan abweichende Verlegung der Abflussrohre beispielsweise durch die örtliche vorgefundene Bodenbeschaffenheit bedingt sein. Können Materialien nicht rechtzeitig geliefert werden (Lieferengpässe), ist das ein häufiger Grund dafür, dass die Ausführung einzelner Arbeiten nicht exakt mit der ursprünglichen Planung übereinstimmt. Diese Arbeiten können zwar vom Bauplan abweichen und trotzdem ihren Zweck erfüllen. Änderungen in der Ausführung sollten sicherheitshalber immer im Abnahmeprotokoll aufgenommen werden. Denn was sich auf den ersten Blick als stimmende und funktionierende Lösung darstellt, kann sich zu einem späteren Zeitpunkt als teures Problem erweisen. Alle nicht vertragsmäßig erscheinenden Ausführungen sollten im Abnahmeprotokoll aufgeführt werden. z. B. ein unzureichender Einsatz von Arbeitskräften oder fehlende Maschinen.

Abnahmeprotokoll nach BGB § 640 und VOB/B § 12

Projektname / Baumaßnahme:.....

Auftraggeber: (Name) (Firma)

Auftragnehmer: (Name) (Firma)

Anwesende/r Teilnehmer: (Personen).....

Vertraglich festgelegte Frist

Datum/Art der Abnahme: Gesamtleistung / Teilleistung.....

Baubeginn: Fertigstellung am:

Gewährleistung gemäß §12 & §13 VOB/B oder beträgt Jahre

Die Gewährleistung beginnt am und endet am

Mängel (Verweis auf BGB § 634)

Beschreibung*:	Lage	Gewerk	Firma	Zu erledigen bis
----------------	------	--------	-------	------------------

Fotos oder sonstige Dokumente/Dateien zu den aufgenommenen Mängeln sind wie vereinbart _____ zu finden.

Restleistungen:

Beschreibung:	Lage	Gewerk	Firma	Zu erledigen bis
---------------	------	--------	-------	------------------

Vorbehalte des Auftraggebers:

Einsprüche des Auftragnehmers:

Die Mängelanzeige wurde versendet am _____ via E-Mail/Post.

.....

(Unterschrift des AG, Datum)

.....

Unterschrift für den AN, Datum)

8.3.4 Aufmaß und Abrechnung von Bauleistungen

Aufmaß

Das Aufmaß für die Abrechnung, das der Auftragnehmer aufzustellen hat, ist im Kapitel 2.4 beschrieben. Das Aufmaß ist in einer übersichtlichen Dokumentation zu erstellen.

Das Aufmaß erfolgt

aus vorhandenen Zeichnungen (VOB Teil C DIN 18299 Nr. 5)
durch Aufmaß vor Ort, möglichst gemeinsam (VOB Teil B §14, Abs.2)
durch sonstige Belege (als Beispiel Lieferscheine, Wiegekarten, Stundennachweise o.ä.)

Es ist eindeutig festgelegt, dass die Leistung vorrangig aus Zeichnungen zu ermitteln ist. Der Autor sieht eine Gleichstellung von 3D-Modellen und Zeichnungen.

Sinnvollerweise einigen sich Auftraggeber und Auftragnehmer vor Baubeginn, nach welchen Methoden abgerechnet werden soll. Dabei kann auch festgelegt werden, welche elektronischen Abrechnungen angewandt werden und welche Dateiformate ausgetauscht werden sollen.

Abrechnung

Der Auftragnehmer stellt die Mengenermittlung auf. Diese wird durch den Auftraggeber geprüft. Sollte der Auftragnehmer dem Auftraggeber keine Mengenermittlung und prüfbare Rechnung zur Verfügung stellen (dazu ist eine angemessene Frist zu setzen), kann der Auftraggeber diese selber aufstellen, der Auftragnehmer hat dazu die Kosten zu übernehmen (VOB Teil B § 14 (5)).

Die Abrechnung kann auch als elektronische Abrechnung vorgelegt werden.

Wenn es Widersprüche im Vertrag bezüglich der Leistung gibt, gilt nacheinander:

1. die Leistungsbeschreibung,
2. die Besonderen Vertragsbedingungen,
3. etwaige Zusätzliche Vertragsbedingungen,
4. etwaige Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen,
5. die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen,
6. die Allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen.

Abnahme

Der Auftragnehmer kann nach der Fertigstellung vom Auftraggeber die Abnahme der Leistung verlangen. Für diese Verlangung hat der Auftraggeber eine Frist von maximal 12 Werktagen. Der Auftraggeber kann die Abnahme verweigern, wenn wesentliche Mängel vorhanden sind.

Wird keine Abnahme verlangt, so gilt die Leistung als abgenommen mit Ablauf von 12 Werktagen nach schriftlicher Mitteilung über die Fertigstellung der Leistung (VOB Teil B § 12).

Die Abnahme der Leistung wird stillschweigend durch die Benutzung der erbrachten Bauleistung vom Auftraggeber durchgeführt (stillschweigende Abnahme, VOB Teil B § 12 Abs. 5 Nr. 2).

Zahlung

Die Abschlagszahlungen, sie sind in möglichst kurzen Zeitabständen zu erstellen, sind 21 Tage nach Zugang fällig. Die Zahlung durch den Auftraggeber gilt nicht als Abnahme der Leistung. Die Schlussrechnung hat der Auftraggeber 30 Tage nach Zugang zu begleichen (VOB Teil B § 16).

Nachträge – Abrechnung und Vergütung

Änderungen der vertraglichen Leistungen, durch die es zu Nachträgen kommen kann, werden in der VOB/B sehr detailliert beschrieben. Vor allem sind dies:

- Änderung des Bauentwurfes oder durch den Auftraggeber angeordnete Leistungsänderungen (VOB/B § 1 (3) in Verbindung mit § 2 (5))
- nicht vereinbarte Leistungen die erforderlich sind, wenn der Betrieb solche Leistungen ausführt (VOB/B § 1 (4))
- Zusatzleistungen die nicht erforderlich sind (VOB/B § 1 (4))
- Koordinatorische und zeitliche Anordnungen (VOB/B § 4 (1))
- Mengenänderungen durch Über- oder Unterschreitung des Mengenansatzes (VOB/B § 2 (3)) bis hin zum Entfall der Leistungen (Null-Positionen)
- Übernahme von beauftragten Leistungen durch den Auftraggeber (VOB/B § 2 (4))
- Forderung zusätzlicher Unterlagen wie Zeichnungen, Berechnungen usw. (VOB/B § 2 (9)) Die daraus resultierenden Vergütungsansprüche sind im § 2 der VOB/B geregelt.

Im folgenden Abschnitt soll etwas genauer auf den Bereich Mengenänderungen eingegangen werden, da die Mengenänderung eine Auswirkung auf die Aufmaß- und Abrechnungserstellung haben kann. Die VOB (VOB/B § 2 (3)) spricht im Bereich Vergütung von Überschreitung des Mengenansatzes, wenn die ausgeführte Menge mehr als 10 % den im Vertrag vorgesehenen Umfang überschreitet. Die VOB spricht von Unterschreitung des Mengenansatzes, wenn die ausgeführte Menge mehr als 10 % den im Vertrag vorgesehenen Umfang unterschreitet.

Bei Mengenunterschreitungen ist der Einheitspreis auf Verlangen zu erhöhen. Bei Mengenüberschreitungen ist auf Verlangen ein neuer Einheitspreis zu vereinbaren.

MWM-Libero: Ausdruck einer Differenzliste

Firma: Musterfirma
 Projekt: DAA-Technikum Bau-Musterprojekt
 Nummer:
 Ausgabe: Standard, Grundmenge

Seite: 1
 Datum:
 Zeit: 14:00

Position	Kurztext1	Einheit	LV-Menge	Erf.-Menge	Diff.-Menge	EP1	LV-Summe	Erf.-Summe	Diff.-Summe	Erfasst	Grafische Ausgabe
01.01.0010	Baustelleneinrichtung einrichten, vorhalten, räumen	pau	1,000	0,800	-0,200	45.000,00	45.000,00	36.000,00	-9.000,00	80,0 %	
01.01.0020	Dokumentation der Bauabrechnung	Pau	1,000	0,400	-0,600	450,00	450,00	180,00	-270,00	40,0 %	
01.02.0010	Boden Baugrube lösen von Hand, außerhalb der Baugrube lagern Homogenbereich 1 Tiefe bis 1,75 m	m3	12,000	12,000	0,000	54,00	648,00	648,00	0,00	100,0 %	
01.02.0020	Boden für Suchgraben lösen von Hand, seilf, lagern Homogenbereich 1 Tiefe über 1,25 bis 1,75 m	m3	2,000	2,120	0,120	90,00	180,00	190,80	10,80	106,0 %	
01.02.0030	Boden der Baugrube lösen, außerhalb der Baugrube lagern,	m3	500,000	666,259	166,259	4,25	2.125,00	2.831,60	706,60	133,3 %	
01.02.0040	Boden Graben Kanal Tiefe bis 1,45 m lösen, lagern Homogenbereich 1	m3	8.200,000	6.599,216	-1.600,784	28,90	236.980,00	190.717,34	-46.262,66	80,5 %	
01.02.0050	Oberboden abtragen, lagern d= 30 cm Homogenbereich 1	m2	3.200,000	3.172,000	-28,000	1,35	4.320,00	4.282,20	-37,80	99,1 %	

Abbildung 96: Beispiel für die Darstellung von Mengenänderungen in der Software MWM-Libero

In der dargestellten Auswertung der Mengenermittlung hat die Position 01.02.0030 „Boden der Baugrube...“ eine Mengenüberschreitung von 33,3 %. Hier kann nach der VOB ein neuer Preis unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderkosten vereinbart werden.

In der dargestellten Auswertung der Mengenermittlung hat die Position 01.02.0040 „Boden Graben Kanal...“ eine Mengenunterschreitung vom 19,5 %. Hier kann nach der VOB der Auftragnehmer einen neuen höheren Einheitspreis verlangen.

Wenn die Mengen weniger als 10 % abweichen, gilt der vertragliche Einheitspreis.

8.3.5 Kosten- und Nachtragsmanagement

Die HOAI beschreibt im Bereich des Kostenmanagement nach Anlage 10 zu § 34 Abs. 4 und 35 Abs. 7 das folgende Grundleistungen zum Leistungsbild eines Planers gehören:

Kostenkontrolle durch die Überprüfung der Leistungsabrechnung der bauausführenden Unternehmen im Vergleich zu den Vertragspreisen

Kostenfeststellung nach DIN 276 oder nach wohnungsrechtlichem Berechnungsrecht

Vergleich der Ergebnisse der Rechnungsprüfungen mit den Auftragssummen einschließlich der Nachträge

Rechnungsprüfung

Die DIN 276 (Kosten im Hochbau) regelt die verschiedenen Begriffe zur Kostenermittlung und Kostenkontrolle.

In der Planungsphase ist die Kostenkontrolle eine vorausschauende Planung. Während der Planung besteht zunächst nur die Möglichkeit, geplante und statistische Werte miteinander zu vergleichen und Preise heranzuziehen, die für die spätere Realisierung als wahrscheinlich angesehen werden können. Erst mit der Beauftragung der Bauleistungen an Unternehmen, mit Ausführung und Abrechnung der Vertragsleistungen, werden die geplanten Sollkosten schrittweise zu Ist-Kosten. Eine sorgfältige Planung und die permanente Abstimmung zwischen allen Beteiligten verstehen sich von selbst. Alle Beteiligten sollten ein wirtschaftliches Ergebnis anstreben. Der Bauherr, der die Baumaßnahme finanziert, hat ein natürliches Interesse an der Einhaltung der Kosten. Hier setzt die Kostensteuerung im Sinne des Bauherreninteresses ein.

Die Kostenplanung ist die Gesamtheit aller Maßnahmen der Kostenermittlung, der Kostenkontrolle und der Kostensteuerung. Die Kostenplanung begleitet kontinuierlich alle Phasen der Baumaßnahme während der Planung und Ausführung. Sie befasst sich systematisch mit den Ursachen und Auswirkungen der Kosten. (DIN 276 Kosten im Hochbau)

Die Kostenermittlung nach DIN 276 gibt verschiedene Ermittlungsarten, wie Kostenschätzung, Kostenberechnung, Kostenanschlag sowie Kostenfeststellung in verschiedenen Ermittlungstiefen vor. Für die Kostenkontrolle fehlt es an detaillierten Hinweisen und Anwendungsregeln. Erst auf Basis der gegliederten Kostenkontrolle kann die Kostensteuerung wirksam einsetzen.

Bei kleineren Projekten reicht die Beauftragung der Grundleistung nach HOAI § 15, Leistungsphase 8 Objektüberwachung für Gebäude völlig aus. Die Tiefe der Ermittlung und damit auch der Kostenkontrolle ist vergleichsweise gering und ermöglicht nur eine überschlägige Kostenkontrolle. Bei größeren Bauvorhaben sollten jedoch die Besonderen Leistungen beauftragt werden. Diese beinhalten z.B. Kostenberechnung durch Aufstellen von Mengengerüsten, Bauelementkatalogen, Analyse der Alternativen/Varianten und deren Wertung mit Kostenuntersuchung (Optimierung), Wirtschaftlichkeitsberechnung. Aufstellen und Fortschreiben einer vertieften Kostenberechnung zu Leistungsphase 3 Entwurfsplanung; "Aufstellen, Prüfen und Werten von Preisspiegeln nach besonderen Anforderungen" zu Leistungsphase 7 Mitwirkung bei der Vergabe; "Aufstellen, Überwachen und Fortschreiben von differenzierten Zeit-, Kosten- oder Terminplänen" zu Leistungsphase 8 Objektüberwachung; Projektsteuerung als zusätzliche Leistung gem. HOAI § 31).

Eine Mindestvoraussetzung bei der Kostenplanung setzt bei einer abgestuften Kostenschätzung eine zweistellige Kostengruppengliederung, Kostenberechnung in

dreistelliger Kostengruppengliederung und Auftragsdaten mit Leistungspositionen, die sich in die vorgenannte Kostenelementgliederung hierarchisch einordnen lassen voraus. Die so mögliche Differenzierung ermöglicht die Darstellung einer durchgängigen Kostenstruktur von der Planung bis zur Schlussrechnung. Sie besitzt eine einfache und eindeutige Vergleichbarkeit von Kostenwerten der aufeinanderfolgenden Leistungsphasen und hat somit die optimale Voraussetzung für eine wirksame Kostenkontrolle. Damit können Kostenänderungen schnell verfolgt, festgestellt, ausgewertet und dokumentiert werden. Zusätzliche Maßnahmen können kalkuliert und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit abgeschätzt werden.

Als Grundlage der Kostenkontrolle in den Leistungsphasen der Bauausführung dient insbesondere die Kostenberechnung. Natürlich unterliegen die Werte der allgemeinen Teuerung. Das später erstellte und abgerechnete Bauwerk kann inflationsbedingt teurer sein. Die Fortschreibung der geplanten Baukosten mittels Baupreisindex ist erforderlich, um die zeitbedingten Korrekturen des Zahlenwerkes zu erreichen. Dies geschieht, unter Zugrundelegung der aktuellen jährlichen Teuerung für Bauleistungen. Einmal ermittelten Baukosten können, nach Verlauf einer gewissen Zeit um den aus den Indizes entwickelten Faktor zeitaktuell hochgerechnet werden.

Während der Kostenberechnung nur die Entwurfsplanung zu Grunde liegt, fließen in die Ausführungsplanung zahlreiche Detailinformationen aus den Ausschreibungen der Leistungen ein. Da alle diese Einflüsse grundsätzlich kostenrelevant sind, ist eine fortlaufende Kostenkontrolle begleitend zur Ausführungsplanung höchst sinnvoll. Deshalb ist es folgerichtig die Ausschreibungen auf Vollständigkeit, sachliche Richtigkeit und den ausgeschriebenen Standard zu prüfen. Für die bei den Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis eingehenden Angebote werden zur Kostenkontrolle auf der Ebene der Einheitspreise differenzierte Preisspiegel erstellt. Die Bewertung von Angeboten wird einfacher, je mehr Angebote vorliegen. Alternativangebote der Fachfirmen in der Ausschreibungs- und Angebotsphase, stellt eine Chance zur Kostenreduzierung dar.

Um rechtzeitig steuernd eingreifen zu können ist es für den Bauherrn wie für den Kostenplaner wichtig, jederzeit über die aktuellen Kostensituation informiert zu sein. Deshalb sind alle erforderlichen Leistungen in Vergabeeinheiten mit entsprechenden Kostenrahmen frühzeitig aufzugliedern. So ist mit der Verfolgung der Planungs- und Auftragsdaten bis hin zu den Schlussrechnungen, mit vergleichsweise einfachen Mitteln, eine wirksame Kostenkontrolle auf das Gesamtprojekt gewährleistet.

Die Ergebnisse der Kostenkontrolle sind in Form regelmäßiger Berichte in knapper und verständlicher Form, nicht nur dem Bauherrn, sondern auch dem Planer und der Bauleitung, zugänglich zu machen. Eine möglichst klare Abgrenzung der Leistungsphasen, eine durchgängige Gliederungssystematik und der regelmäßige Informationsaustausch zu den Zwischenergebnissen der Kostenkontrolle sind die wichtigste Voraussetzung für die Erreichung eines wirtschaftlichen Ergebnisses.

Nachtragsmanagement

Die vom Unternehmer vereinbarte und geforderte Leistung im Bauvertrag weicht häufig von der nach Auftragserteilung ursprünglich vorgesehenen Leistung ab. Bei einem nach VOB abgeschlossenen Bauvertrag hat der Auftraggeber das Recht Änderungen und Anordnungen zu veranlassen. So kommt es bei fast jedem Bauvorhaben zu Mengenänderungen sowie geänderten oder zusätzlichen Leistungen, die zu Vergütungsanpassungen (Nachtragsforderungen) führen. Diese sind ebenfalls in der VOB im Teil B geregelt, um die entstandenen Mehrkosten des Auftragnehmers auszugleichen. Weitere Abweichungen können durch Behinderungen entstehen, welche durch den Auftraggeber verursacht wurden. So kann jede durch den Auftraggeber verursachte Abweichung des Vertrages zu einem gestörten Bauablauf und somit zu erheblichen Mehrkosten des Auftragnehmers führen. Wegen der unterschiedlichen Interessenlagen über

die Berechtigung und Höhe des Vergütungsanspruches ist das Konfliktpotenzial zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer sehr hoch. Für den Auftragnehmer ist es nötig, das Nachtragspotential zu erkennen, zu bewerten und in der geforderten Form beim Auftraggeber vorzulegen. Diese Tätigkeiten vom Erkennen durch den Auftragnehmer bis zur Prüfung durch den Auftraggeber umfasst der Begriff Nachtragsmanagement.

Das Nachtragsmanagement des Auftraggeber (AG) enthält dabei vor allem Aufgaben, wie sie in der Leistungsphase 8 nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) als Grundleistungen bestimmt werden. Die Aufgaben leiten sich einerseits für den öffentlichen Auftraggeber aus einem VOB-Vertrag sowie zum anderen für den Besteller und Verbraucher bei einem Vertrag auf Grundlage des Bauvertragsrecht im BGB ab.

Im Mittelpunkt stehen dabei die Kostenfeststellung und Kostenkontrolle im Zusammenhang mit der Einhaltung der durch den Vertrag ursprünglich festgelegten Vorgaben für die Kosten des Projekts und folgend die Baukosten des Bauvorhabens.

Nachträge als Nachforderungen können entstehen zum einen aus dem VOB-Vertrag aus den Regelungen in § 2 Abs. 3 bis 9 VOB Teil B, dies sind:

(3) 1. Weicht die ausgeführte Menge der unter einem Einheitspreis erfassten Leistung oder Teilleistung um nicht mehr als 10 v. H. von dem im Vertrag vorgesehenen Umfang ab, so gilt der vertragliche Einheitspreis.

(3) 2. Für die über 10 v. H. hinausgehende Überschreitung des Mengenansatzes ist auf Verlangen ein neuer Preis unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderkosten zu vereinbaren.

(3) 3. Bei einer über 10 v. H. hinausgehenden Unterschreitung des Mengenansatzes ist auf Verlangen der Einheitspreis für die tatsächlich ausgeführte Menge der Leistung oder Teilleistung zu erhöhen, soweit der Auftragnehmer nicht durch Erhöhung der Mengen bei anderen Ordnungszahlen (Positionen) oder in anderer Weise einen Ausgleich erhält. Die Erhöhung des Einheitspreises soll im Wesentlichen dem Mehrbetrag entsprechen, der sich durch Verteilung der Baustelleneinrichtungs- und Baustellengemeinkosten und der Allgemeinen Geschäftskosten auf die verringerte Menge ergibt. Die Umsatzsteuer wird entsprechend dem neuen Preis vergütet.

(3) 4. Sind von der unter einem Einheitspreis erfassten Leistung oder Teilleistung andere Leistungen abhängig, für die eine Pauschalsumme vereinbart ist, so kann mit der Änderung des Einheitspreises auch eine angemessene Änderung der Pauschalsumme gefordert werden.

(4) Werden im Vertrag ausbedungene Leistungen des Auftragnehmers vom Auftraggeber selbst übernommen (z.B. Lieferung von Bau-, Bauhilfs- und Betriebsstoffen), so gilt, wenn nichts anderes vereinbart wird, § 8 Absatz 1 Nummer 2 entsprechend.

(5) Werden durch Änderung des Bauentwurfs oder andere Anordnungen des Auftraggebers die Grundlagen des Preises für eine im Vertrag vorgesehene Leistung geändert, so ist ein neuer Preis unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderkosten zu vereinbaren. 2Die Vereinbarung soll vor der Ausführung getroffen werden.

(6) 1. Wird eine im Vertrag nicht vorgesehene Leistung gefordert, so hat der Auftragnehmer Anspruch auf besondere Vergütung. Er muss jedoch den Anspruch dem Auftraggeber ankündigen, bevor er mit der Ausführung der Leistung beginnt.

(6) 2. Die Vergütung bestimmt sich nach den Grundlagen der Preisermittlung für die vertragliche Leistung und den besonderen Kosten der geforderten Leistung. 2Sie ist möglichst vor Beginn der Ausführung zu vereinbaren.

(7) 1. Ist als Vergütung der Leistung eine Pauschalsumme vereinbart, so bleibt die Vergütung unverändert. 2Weicht jedoch die ausgeführte Leistung von der vertraglich vorgesehenen Leistung so erheblich ab, dass ein Festhalten an der Pauschalsumme nicht zumutbar ist (§ 313 BGB), so ist auf Verlangen ein Ausgleich unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderkosten zu gewähren. 3Für die Bemessung des Ausgleichs ist von den Grundlagen der Preisermittlung auszugehen.

(7) 2. Die Regelungen der Absatz 4, 5 und 6 gelten auch bei Vereinbarung einer Pauschalsumme.

(7) 3. Wenn nichts anderes vereinbart ist, gelten die Nummern 1 und 2 auch für Pauschalsummen, die für Teile der Leistung vereinbart sind; Absatz 3 Nummer 4 bleibt unberührt.

(8) 1. Leistungen, die der Auftragnehmer ohne Auftrag oder unter eigenmächtiger Abweichung vom Auftrag ausführt, werden nicht vergütet. Der Auftragnehmer hat sie auf Verlangen innerhalb einer angemessenen Frist zu beseitigen; sonst kann es auf seine Kosten geschehen. Er haftet außerdem für andere Schäden, die dem Auftraggeber hieraus entstehen.

(8) 2. Eine Vergütung steht dem Auftragnehmer jedoch zu, wenn der Auftraggeber solche Leistungen nachträglich anerkennt. 2Eine Vergütung steht ihm auch zu, wenn die Leistungen für die Erfüllung des Vertrags notwendig waren, dem mutmaßlichen Willen des Auftraggebers entsprachen und ihm unverzüglich angezeigt wurden. 3Soweit dem Auftragnehmer eine Vergütung zusteht, gelten die Berechnungsgrundlagen für geänderte oder zusätzliche Leistungen der Absätze 5 oder 6 entsprechend.

(8) 3. Die Vorschriften des BGB über die Geschäftsführung ohne Auftrag (§§ 677 ff. BGB) bleiben unberührt.

(9) 1. Verlangt der Auftraggeber Zeichnungen, Berechnungen oder andere Unterlagen, die der Auftragnehmer nach dem Vertrag, besonders den Technischen Vertragsbedingungen oder der gewerblichen Verkehrssitte, nicht zu beschaffen hat, so hat er sie zu vergüten.

8(9). Lässt er vom Auftragnehmer nicht aufgestellte technische Berechnungen durch den Auftragnehmer nachprüfen, so hat er die Kosten zu tragen.

[Auszug aus der VOB/B § 2](#)

Ein Nachtrag kann sich auch ergeben, wenn bei einem Bauvertrag nach BGB und einem Verbraucherbaupvertrag nach Anordnung einer Leistungsänderung nach § 650b BGB und sich daraus abzuleitender Vergütungsanpassung nach § 650c Abs. 2 BGB ergibt.

Ist eine Nachtragsforderung durch den Bauunternehmer als Auftragnehmer eingegangen, umfasst das Nachtragsmanagement des Auftraggebers folgende Tätigkeiten:

Um späteren Streitigkeiten vorzubeugen, ist die Zusammenstellung von Dokumenten der Ursachen, des Zeitpunktes, des Inhalts und der Art der Nachforderungen durch den projektüberwachenden Bauleiter festzustellen,

Prüfung der Anspruchsgrundlagen und Einhaltung von Formvorschriften gemäß den Vertragsbedingungen,

Der Nachtrag ist in preisrechtlich Hinsicht und der Höhe des Preises: unter Beachtung der Kalkulationsanforderungen und Ansätze und/oder auf Basis einer bei der Angebotsabgabe hinterlegten Urkalkulation oder bei Leistungsänderungen nach BGB zu den tatsächlich erforderlichen Kosten mit angemessenen Zuschlägen nach § 650c Abs. 1 BGB und dem Mehr- oder Minderaufwand, zu prüfen

Die Zeitfolge der Nachtragsbearbeitung und -prüfungen sind festzuhalten,

Unterlagen und Aussagen für mögliche Nachtragsverhandlungen sind vorzubereiten

Festlegung von Entscheidungsfeldern für die mit dem Nachtragsmanagement beauftragten Mitarbeiter, z. B. hinsichtlich von Bestätigungen.

Die Nachtragsforderungen des Auftragnehmers sollten nicht direkt abgelehnt werden. Dass Nachtragsmanagement nicht so angelegt sein. Die Folge könnten dann langwierige Nachtragsverhandlungen bis hin zu gerichtlichen Auseinandersetzungen zwischen den Vertragspartnern sein. Es wird besonders auf die Kooperationspflicht der Vertragspartner verwiesen. Auftraggeber und Auftragnehmer sind verpflichtet, bei Streit die Meinungsverschiedenheiten durch Verhandlungen beizulegen. Der Auftraggeber hat die Forderungen des Auftragnehmers zu prüfen und dem Auftragnehmer das Ergebnis seiner Prüfung nachvollziehbar mitzuteilen. Andernfalls kann der Auftragnehmer berechtigt sein, die Arbeiten einzustellen oder den Auftrag zu kündigen".

Der Auftraggeber wird seinerseits prüfen, ob:

die Anspruchsvoraussetzungen gegeben sind,

die Nachtragsleistung keine Änderung des Bauvertrags bedeutet und

die Ansprüche des Auftragnehmers preislich angemessen sind.

Bei der Prüfung zu Nachträgen nach VOB und bei öffentlichen Bauaufträgen sind die Anforderungen und Regelungen im "Leitfaden zur Vergütung bei Nachträgen" nach Vergabehandbuch des Bundes heranzuziehen. Sie liefern wesentliche Aussagen und Grundlagen einerseits für die Kalkulation von Nachtragspreisen sowie zum anderen zahlreiche praktische Berechnungsbeispiele einschließlich zu Ausgleichsberechnungen bei Nachträgen.

Ist eine Nachtragsvereinbarung erzielt sind folgende Inhalte nachzuweisen:

der Bezug auf die Nachtragsangebote sowie Mehr- und Minderkostenaufstellungen des Auftragnehmers,

die Vergütungszuordnung und -berechnung,

die geänderten bzw. neuen Einheitspreise (EP),

die Summe der zusätzlichen Vergütung,

die Vertragsbedingungen, beispielsweise des Hauptvertrags,

weitere vertragliche Vereinbarungen, z. B. zur Ausführungsfrist, zu Einzelfristen, Fertigstellung u. a.

8.3.6 Objektübergabe an den Auftragnehmer

Sobald bei einem Bauwerk alle vertraglich geschuldeten Leistungen durchgeführt worden sind, erfolgt die Übergabe an den Auftraggeber. Die Übergabe sollte nicht mit der Abnahme des Bauwerkes verwechselt werden. Ist die Abnahme bis dahin nicht erfolgt, so muss diese spätestens mit der Übergabe aufgearbeitet werden.

Für den Prozess der Übergabe gibt es keinen einheitlichen Ansatz für die Gliederung, der Dokumentation. Als Grundlage kann die DIN 32835 Teil 1 (Begriffe und Methodik) und 2 (Nutzungsdokumentation) dienen. Darin werden die Grundlagen für die Dokumentation des Facility Management beschrieben. Auf jeden Fall sollte man sich mit dem Auftraggeber abstimmen welche Anforderungen dieser an die zu übergebende Dokumentation stellt.

Eine Übergabe ist nicht in jedem Fall erforderlich. Bei einfachen Bauwerken z.B. der Errichtung einer Fertigarage, reicht die Abnahme völlig aus.

Die Übergabe kann allerdings von der Abnahme völlig losgelöst sein, wie z.B. bei der schlüsselfertigen Herstellung von Wohn- und Geschäftshäusern.

Möchte der Auftragnehmer bereits Teile einer Baumaßnahme vor der Übergabe nutzen, muss in jedem Fall vorher eine Abnahme stattfinden. Im Nachhinein ist es immer schwierig nachzuweisen, ob ein Mangel oder ein Nutzungsfehler vorliegen.

Der objektverantwortliche Bauleiter vereinbart mit dem Auftraggeber einen Termin für die Übergabe des Bauwerks. In dem Schreiben sind die vertraglich geregelten Leistungen für die Übergabe aufzuzählen, damit sich der Auftraggeber entsprechend vorbereiten kann. Bevor der Auftraggeber ein fertiges Bauwerk und deren technischen Einrichtungen nutzen kann, ist eine vollständige Dokumentation erforderlich.

Der Bauleiter stellt alle Unterlagen für den Übergabetermin zusammen, die vertraglich vorgesehen oder technisch notwendig sind. Dabei muss beachtet werden, dass häufig die Art und Anzahl einzelner Dokumente verbindlich geregelt ist. Die Normen in der VOB/C enthalten hierzu ebenfalls Angaben, falls in dem Bauvertrag keine Regelung vorhanden ist.

Weitere Regelungen welche Unterlagen zur Übergabe des Bauwerkes vorzusehen sind findet man im § 34 HOAI Anlage 10, Leistungsbild 8.

Bei dem Übergabetermin werden die Unterlagen und Dokumentationen aus den öffentlich-rechtlichen Abnahmen (z.B. Rohbauabnahme) an den Auftraggeber ausgehändigt.

Hierzu zählen insbesondere:

Pläne (Grundrisse, Schnitte, Details usw.)

Zulassungen

Prüfzeugnisse und –berichte

Fachunternehmerbescheinigungen für z.B. Haustechnik, Aufzüge, Fahrtreppen

Wartungsverträge

Bedienungs- und Wartungsanleitungen

Pflegehinweise

Herstellerrichtlinien

Schlüssel

Zubehör

restliche Baumaterialien

Wichtig ist im Vorfeld zu klären, in welcher Form (Digital und oder in Papierform) dem Auftragnehmer die zu übergebenden Unterlagen und Dokumentationen zur Verfügung gestellt werden muss. Dies ist besonders wichtig, wenn das nachfolgende Facility Management ausschließlich in digitaler Form betrieben wird.

Mit der Übergabe erfolgt auch die Einweisung in das Bauwerk und in die technische Ausrüstung. Diese sollen durch die entsprechenden Nachunternehmer oder Fachplaner und wenn diese nicht zur Verfügung stehen, auch durch den Bauleiter vorgenommen werden. Die ordnungsgemäße Einweisung ist in einem Protokoll festzuhalten. Nach der Übergabe aller Unterlagen und aller Schlüssel wird ein Übergabeprotokoll erstellt und beiden Vertragspartnern übergeben.

Das Übergabeprotokoll sollte mit größter Sorgfalt angefertigt werden, da es dokumentiert, dass der Auftraggeber über notwendig werdende Wartung und Pflege informiert worden ist. Bei einer unvollständigen Übergabe besteht das Risiko, dass der Auftragnehmer für Schäden haften muss, die auf Grund mangelnder Wartung und Pflege entstehen. Zum Beispiel bei Pflegehinweisen für Bodenbeläge.

Meistens sind zum Zeitpunkt der Übergabe noch nicht alle erforderlichen Unterlagen vorhanden. Das können z.B. Bestandspläne oder das Auflisten der Gewährleistungsansprüche sein. In vielen Fällen sind die bei der Abnahme festgestellten Mängel noch nicht vollständig beseitigt. Im Übergabeprotokoll werden die fehlenden Unterlagen bzw. noch nicht fertiggestellten Mängel dokumentiert. Es ist in diesen Fällen allerdings wichtig, dass durch den Auftraggeber bestätigt wird, dass er trotz der fehlenden Unterlagen bzw. Mängelbeseitigung in der Lage ist, das Gebäude sicher zu betreiben.

8.4 Softwaregestützte vernetzte Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden (BIM)

Was ist BIM?

Building Information Modeling (BIM), zu Deutsch Bauwerksdatenmodellierung, ist eine Methode zur Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden, die auf digitalen Modellen basiert. Dabei nutzen alle am Bau Beteiligten unterschiedliche Softwarelösungen. BIM ist die Schnittstelle für diese Einzellösungen und sichert den ständigen, unkomplizierten Austausch von Informationen. Das ermöglicht höhere Kosten- und Terminalsicherheit von der Planung über die Umsetzung bis hin zur Betriebs- und Instandhaltungsphase.

Bei der BIM-Methode werden die erforderlichen Planungs- und Ausführungsinformationen nicht mehr in Zeichnungen, Tabellen und anderen Dokumenten erfasst, sondern direkt in das **BIM-Modell** integriert. Dabei handelt es sich um ein 3D-Computermodell, das um die Dimensionen wie Zeit, Kosten oder Betriebsaspekte erweitert werden kann.

Mit der BIM Methode stehen schon lange vor der Ausführung der ersten Bauaktivitäten alle relevanten Daten, Optionen, Schwierigkeiten – und Lösungen – zur Verfügung. So lassen sich Zeit sparen, Risiken senken und Kosten reduzieren. Bei jedem Bauprojekt ist teamübergreifend über alle Bauphasen hinweg alles im Blick. BIM sorgt für transparente und effiziente Prozesse über alle Ebenen hinweg.

Was ist der Unterschied zwischen CAD und BIM?

Beide sind Software für Architekten zur 3D-Visualisierung von Gebäuden.

CAD (Computer Aided Design) ist die Vorstufe von BIM und wird nur zur Planung verwendet.

Ein BIM-Modell beinhaltet mehr Informationen als nur das Gebäudedesign. Beispielsweise konkrete Materialien oder Produkte, die beim Bauprojekt verwendet werden.

Vorteile der BIM Methode

Alle Projektdaten stehen jederzeit und überall durch die Anwendung der BIM Modells zur Verfügung. Auf das zentrale digitale Datenmodell kann von überall zugegriffen werden. Ständig stehen sämtliche Auskünfte ob architektonische, technische, physikalische und funktionale Eigenschaften zur Verfügung. Alle Beteiligten Architekten und Ingenieure und alle weiteren beteiligten Partner arbeiten mit dem gleichen Gebäudedatenmodell. Es ist egal, ob man sich auf der Baustelle oder im Büro befindet.

In der Planungsphase werden sehr schnell mögliche Probleme durch die ständige Visualisierung erkannt. Kollisionsdarstellungen helfen dabei die beste Lösung für ein Problem zu finden, in dem verschiedene Lösungsansätze am Computer alternativ durchgespielt werden können.

In dieser sehr frühen Planungsphase erhalten sie Erkenntnisse ob z.B. die vom Bauherrn vorgegebene Raumplanung oder Kapazitätsauslastung eingehalten wird. Oder welche klimatechnischen Auswirkungen bei der Platzierung des Gebäudes auf dem zur Verfügung stehenden Grundstückes entstehen.

Aber auch in der Bauausführungsphase ist dank Informationen in Echtzeit frühzeitiges Einschreiten bei möglichen Verzögerungen, z.B. die voraussichtlichen Bauübergabe an den Auftraggeber oder Budget-Abweichungen möglich.

Zusammenfassend lassen sich folgende Vorteile festlegen:

Abgestimmte gemeinsame Arbeitsweise und dadurch:

- Geringere Planungsfehler
- Bessere technische Lösungen
- Geringere Nachtragskosten
- Einhaltung der Projektlaufzeit
- Optimierung der Betriebsprozesse

Verbesserte Kommunikation durch
zentrale Datenplattform

Bessere Steuerungsmöglichkeiten von

- Bauzeiten
- Baukosten

Systemunterstützte Qualitätsüberprüfung für

- Schadstellen
- Akustische Beläge
- Bauökologie
- Brandschutz
- Fluchtweg

Normen und Einsatz von BIM

Wo viele Beteiligte eines Projektes sich abstimmen müssen, sind verbindliche Standards unabdingbar. Dazu zählen vor allem die internationale Normenreihe DIN EN ISO 19650 und die Richtlinienreihe VDI 2552.

Die DIN EN ISO 19650-Reihe beinhaltet Empfehlungen zur Verwaltung von Informationen - einschließlich der Definition, dem Austausch und der Version sowie der nötigen Organisation von BIM.

In der Richtlinienreihe VDI 2552 zu BIM sind bisher 11 Blätter geplant oder erschienen. Die Basis bildet dabei die Blätter 1-Grundlagen, und 2-Begriffe. Hier werden die wichtigsten Grundzüge erklärt und alle weiteren BIM Themen kurz beschrieben. Dadurch wird der Einstieg in das Thema BIM erleichtert und eine Übersicht gegeben, welche weiteren Blätter für spezifische Teilaspekte zuständig sind.

Ein großer Vorteil von BIM ist, dass es über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks hinweg alle wichtigen Informationen zusammenfasst. Gut gepflegte BIM-Datenbanken liefern von der Vorplanung bis zum Rückbau verlässliche und schnell verfügbare Informationen über die physikalischen und funktionalen Eigenschaften des Gebäudes. Die Arbeit wird über sämtliche Ebenen hinweg gestrafft. Mit der BIM-Lösung erhält man bereits in der frühen Planungsphasen einen besseren Blick auch auf die spätere Betriebsphase eines Gebäudes.

Mit Building Information Modeling (BIM) verbessern Bauherren, Planer und Fachingenieure, Bauunternehmen, Facility Manager und Dienstleister die Konzeption, Ausführung und das Verwalten von Gebäuden und Infrastruktur. Bei den Herstellern der Bauleistungen ergibt sich ein deutlicher Wettbewerbsvorteil, wenn sie hochwertige technische Produktinformationen, Ausschreibungsvorlagen etc. für die Planungsmethode zur Verfügung stellen.

Auch beim Bauen im Bestand kann BIM sehr hilfreich sein. Zuerst wird ein Bestandsmodell erstellt, das anschließend mit einem BIM-Modell überlagert wird. Dadurch lässt sich der Ist-Zustand eines Bestandsobjekts exakt darstellen. Somit kann auch der gesamte Umbauprozess im Modell abgebildet werden.

Dass sich BIM nur für Großprojekte eigne und lohne, ist eine verbreitete Fehleinschätzung. Wer über das nötige Methodenwissen verfügt, kann es ebenso erfolgreich und effizient in kleineren und mittleren Projekten anwenden.

Wie sieht die Zukunft aus?

Hier darf man von einem neuen Standard für alle am Bau Beteiligten sprechen. Studien belegen jedoch, dass der Weg zu BIM in allen Bereichen der privaten und öffentlichen Bauwirtschaft, sowie im Öffentlichen Bauwesen noch nicht ganz reibungslos verläuft. Die öffentliche Bauwirtschaft sowie die Architektenschaft sehen hier noch immensen Informationsaufwand für die einzusetzende Software und Mitarbeiterschulung. Der Bund hingegen betrachtet den Weg zur Digitalisierung als alternativlos und hat daher das Nationale BIM Kompetenzzentrum eingerichtet.

Gerade bei großen, komplexen Bauprojekten wird deshalb in der Zukunft immer öfter die BIM-Methode zum Einsatz kommen. Dafür spricht auch der **Stufenplan Digitales Planen und Bauen** des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) welcher seit 2020 die Anwendung für Großprojekte verpflichtend vorsieht.

Der Bundesbauminister setzt sich dafür ein, dass ausschließlich offene BIM-Formate, die bereits heute Standard sind, wie z.B. IFC-Dateien (Planung) oder der GAEB Datenaustausch XML (Ausschreibung) usw. in der BIM Methode ihren Einsatz finden.

Hierzu hat das **Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB)** mit BIM Deutschland ein nationales Zentrum für die Digitalisierung des Bauwesens gegründet. Es ist die zentrale öffentliche Anlaufstelle des Bundes für Informationen und Aktivitäten rund um Building Information Modeling (BIM) und wird vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) und Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) gemeinsam betrieben. Mit dem BIM-Portal, das aktuell im Aufbau ist, stellt BIM Deutschland Muster, Vorgaben und Werkzeuge für eine effiziente, digitale Zusammenarbeit bereit.

Bereits im Januar 2014 verabschiedete das Europäische Parlament eine Richtlinie, die besagt, dass alle Mitgliedsstaaten der Europäischen Union die Nutzung von BIM bei der Realisierung von öffentlich finanzierten Bau- und Infrastrukturprojekten fördern sollen.

Sicher mit BIM umgehen zu können, stellt derzeit einen klaren Wettbewerbsvorteil an der Wertschöpfungskette Bau beteiligte Unternehmen dar. Außerdem ist es nur eine Frage weniger Jahre, bis BIM auch hierzulande zum Standard zählen wird.

9 Modul 5 LSK 3: „Arbeitsvorbereitung und Logistik von Baumaßnahmen“ (schwerpunktübergreifend)

9.1 Ressourcenplanung einer Baumaßnahme

9.1.1 Aufgaben und Ziele der Ressourcenplanung

Die Planung und Koordinierung von Ressourcen ist im Wesentlichen eine firmeninterne Aufgabe, die sich auf folgende Bereiche bezieht:

- Personaleinsatz
- Geräteeinsatz
- Materialeinsatz (Baustoffe)
- Nachunternehmer
- Leistungs- und Zahlungspläne

Mithilfe der Bereitstellungsplanung wird festgelegt, wann und wie viel der einzelnen Produktionsfaktoren (Arbeitskräfte, Geräte, Stoffe, Nachunternehmer) auf der Baustelle bereitgestellt und wie lange sie dort vorgehalten werden müssen.

Darüber hinaus versteht man hierunter auch Leistungs- und Zahlungspläne, die zeigen, wann welche Leistungssumme erbracht und wann dementsprechend welche Zahlungen fällig werden.

9.2 Baustelleneinrichtungsplanung

9.2.1 Baubetriebliche Grundlagen einer Baustelleneinrichtung

Ein entscheidender und wesentlicher Bestandteil der innerbetrieblichen Arbeitsvorbereitung ist die Planung der Baustelleneinrichtung.

Eine grobe Planung muss schon im Rahmen der Angebotskalkulation durchgeführt werden, da z.B. die Aufstellung und der Betrieb eines Turmdrehkranes einen wesentlichen Kostenfaktor ausmacht. So müssen also für die Erstellung des Angebotes unbedingt die Anzahl und Größe der erforderlichen Kräne bekannt sein. Aber auch die Beschickung der Baustelle mit Baustoffen ist bereits in der Kalkulationsphase ein bedeutender Faktor. Können beispielsweise Betoniervorgänge nicht mit dem Hochbaukran sondern ausschließlich mit Betonpumpen durchgeführt werden, so entstehen hierdurch nennenswerte Kosten sowie Auswirkungen auf den zeitlichen Ablauf der Baustelle.

Bei einfachen Bauvorhaben wird die Baustelleneinrichtung selten als einzelnes Gewerk im LV aufgeführt. Als Hilfe für die Kalkulation werden aber entscheidende Hinweise zur Baustelleneinrichtung in den technischen Vorbemerkungen der einzelnen Gewerke gegeben.

Aus diesem Grund sollten diese Vorbemerkungen bei der Kalkulation genauestens in Betracht gezogen werden.

Bei großen und sehr aufwändigen Bauvorhaben wird die Baustelleneinrichtung im Leistungsverzeichnis stets als separate Position aufgeführt. Das erleichtert die sonst sehr aufwändige Kalkulation der Baustelleneinrichtung paritätisch über alle Positionen.

Beispiel für den LV-Text für eine Baustelleneinrichtung:

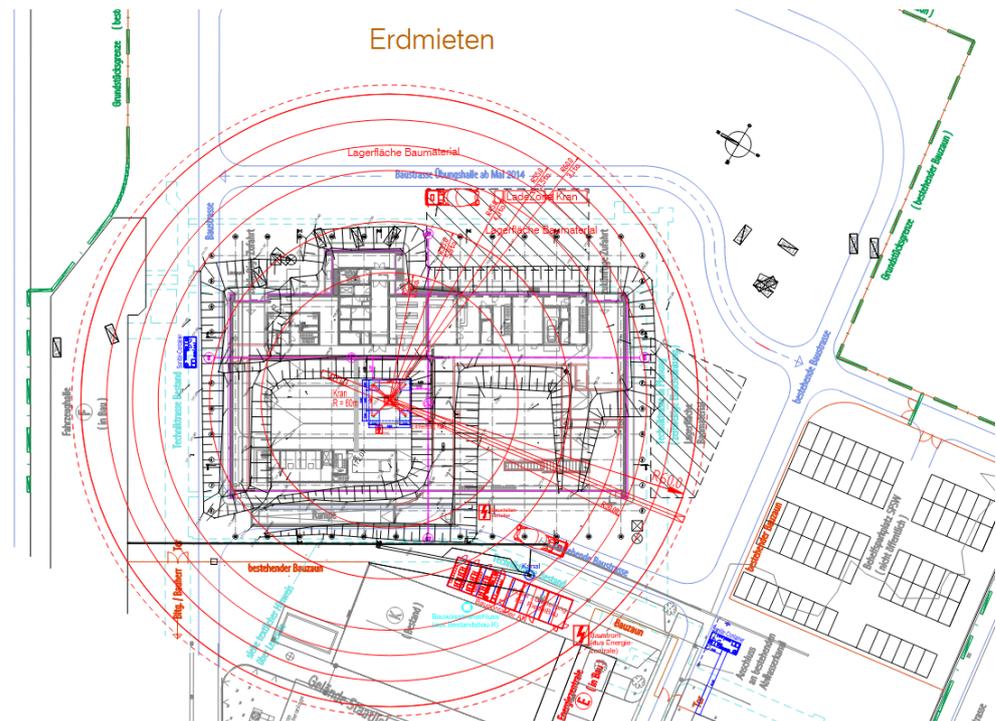


Abbildung 97: Beispiel eines auftragnehmerseitig hergestellten BE-Planes mit Kranradien, Baugruben-Böschungen, den Zufahrtsmöglichkeiten vom öffentlichen Straßenraum aus sowie daran anschließende, baufeldinterne Baustraßen

9.3 Baumaschinen-Einsatzplanung

Der Einsatz von Maschinen spielt auf fast allen Baustellen eine immer größere Rolle. Ein Grund dafür ist, dass die menschliche Arbeitskraft immer teurer geworden ist und deshalb wirtschaftliche Überlegungen dazu zwingen, nach rationelleren Verfahren zu suchen.

Bei der Einführung rationellerer und industrialisierter Arbeitsverfahren und vor allen Dingen bei der Anwendung von dazu passenden modernen Organisationsformen (Steuerungsmethoden) besteht gerade auf den kleinen und mittleren Baustellen ein Nachholbedarf. Auch der Arbeitsplatz Baustelle muss dem allgemein festzustellenden Bedürfnis nach einer Verminderung der körperlichen Belastungen gerecht werden.

Deshalb ist es besonders wichtig, dass gerade die jungen Bautechnikerinnen und Bautechniker sich mit allen Bereichen des modernen Baumaschineneinsatzes vertraut machen. Sie sollen in der Lage sein, die wirtschaftliche Einsatzplanung und die Leistungsermittlung der gängigsten Baumaschinen durchzuführen.

Ohne eine realistische Ermittlung der Leistung von Baumaschinen kann auch keine Erfolg versprechende Bauzeitplanung und Ablauforganisation durchgeführt werden. Aber gerade diese ist von immer größerer Bedeutung, um eine rationellere, kostengünstigere und zuverlässigere Abwicklung der Baustellen zu erreichen.

Zu den gängigsten Baumaschinen gehören insbesondere die Maschinen zum Herstellen, Transportieren und zum Verarbeiten von Beton, ebenso Maschinen und Geräte zum Heben und Transportieren der unterschiedlichsten, schweren Lasten auf allen Baustellen des Hoch- und Tiefbaus - ob Neubau oder bei Änderungs- und Renovierungsarbeiten, weiterhin gehören hierzu alle Erdbaumaschinen.

Gerade auf den Baustellen des Erdbaus haben die Maschinen schon immer eine besonders wichtige Bedeutung gehabt, um die hohen körperlichen Belastungen des Menschen zu verringern.

9.3.1 Hebezeuge auf der Baustelle

In diesem Kapitel werden folgende Hebezeuge betrachtet:

- Turmkrane
- Portalkrane, Kabelkrane und Brückenkrane
- Fahrzeugkrane (Autokrane und Mobilkrane)
- Bauaufzüge
- Stetigförderer

Turmkrane

Allgemeines

Turmkrane (TK, auch Turmdrehkrane TDK genannt) sind heute das Schlüsselgerät auf allen Hochbau-Baustellen.

Turmkrane sind im Drehbereich des Auslegers in der Lage, die Baustelle flächendeckend und punktgenau mit Material zu versorgen oder Hebearbeiten durchzuführen.

Allen anderen Hebezeugen ist die Arbeitsweise des TK in der Transport- und Hebegeschwindigkeit überlegen.

Selbst sperrige Transportgüter wie lange Armierungseisen und Baustahlmatten lassen sich problemlos befördern.

Auch auf kleinen und kurzfristigen Baustellen ist der Einsatz eines TK wirtschaftlich, da sog. Schnelleinsatzkrane innerhalb von wenigen Stunden umgesetzt werden können.

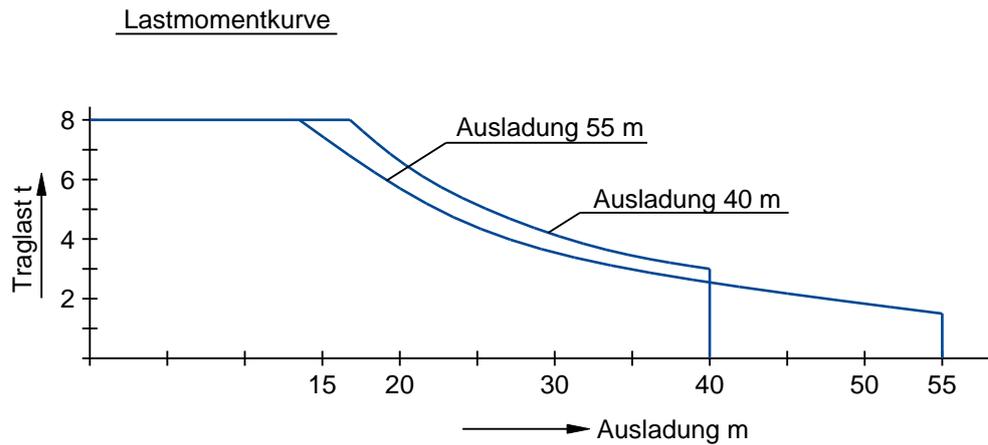
Technische Kenngrößen von Turmkranen

Für die Festlegung der Krangröße sind das Lastmoment in Metertonnen [mt] und die Hubhöhe maßgebend.

Lastmoment [mt] = Ausladung [m] · Traglast [t].

Für jeden Kran gibt es eine Lastmomentkurve bzw. eine Traglast-Tabelle (Abbildung 98). Hier wird die Tragkraft bei einer bestimmten Ausladung gezeigt. Für verschiedene Auslegerlängen gibt es verschiedene Kurven, da das Eigengewicht des Auslegers die Traglast verringert. Im Bereich nahe des Mastes ist jedoch die Nutzlast auf eine konstante Größe beschränkt, da eine weitere Zunahme der Nutzlast praktisch nicht sinnvoll ist und außerdem eine unwirtschaftliche Dimensionierung von Seilen, Bolzen usw. zur Folge hätte.

Die Typenbezeichnung eines Kranes gibt immer das Nennlastmoment an. Die Einstufung des Turmkranes nach der Baugeräteliste erfolgt mit Hilfe eines Nomogrammes (BGL 2001, Seite C1, vgl. Abbildung 99): Ausgehend von den maximalen Traglasten bei den möglichen Auslegerlängen ergeben sich mehrere Punkte im Nomogramm, verbindet man diese Punkte mit einer stetigen Linie ergibt sich ein Schnittpunkt mit der Kennlinie und daraus das Nennlastmoment.



Ausladung Länge		Traglast max m/kg	Ausladung und Traglast m/kg					
			15,0	21,0	31,0	40,0	50,0	55,0
55,0	(r = 56,4)	2,2-14,5 8.000	7.730	5.290	3.330	2.410	1.780	1.550
50,0	(r = 51,4)	2,2-16,6 8.000	8.000	6.180	3.930	2.870	2.150	
45,0	(r = 46,4)	2,2-17,0 8.000	8.000	6.340	4.040	2.960		
40,0	(r = 41,4)	2,2-17,4 8.000	8.000	6.510	4.160	3.050		

Abbildung 98: Beispiel für eine Lastmoment-Kurve und Traglast-Tabelle für einen Turmkran (Lastmoment 122 mt)

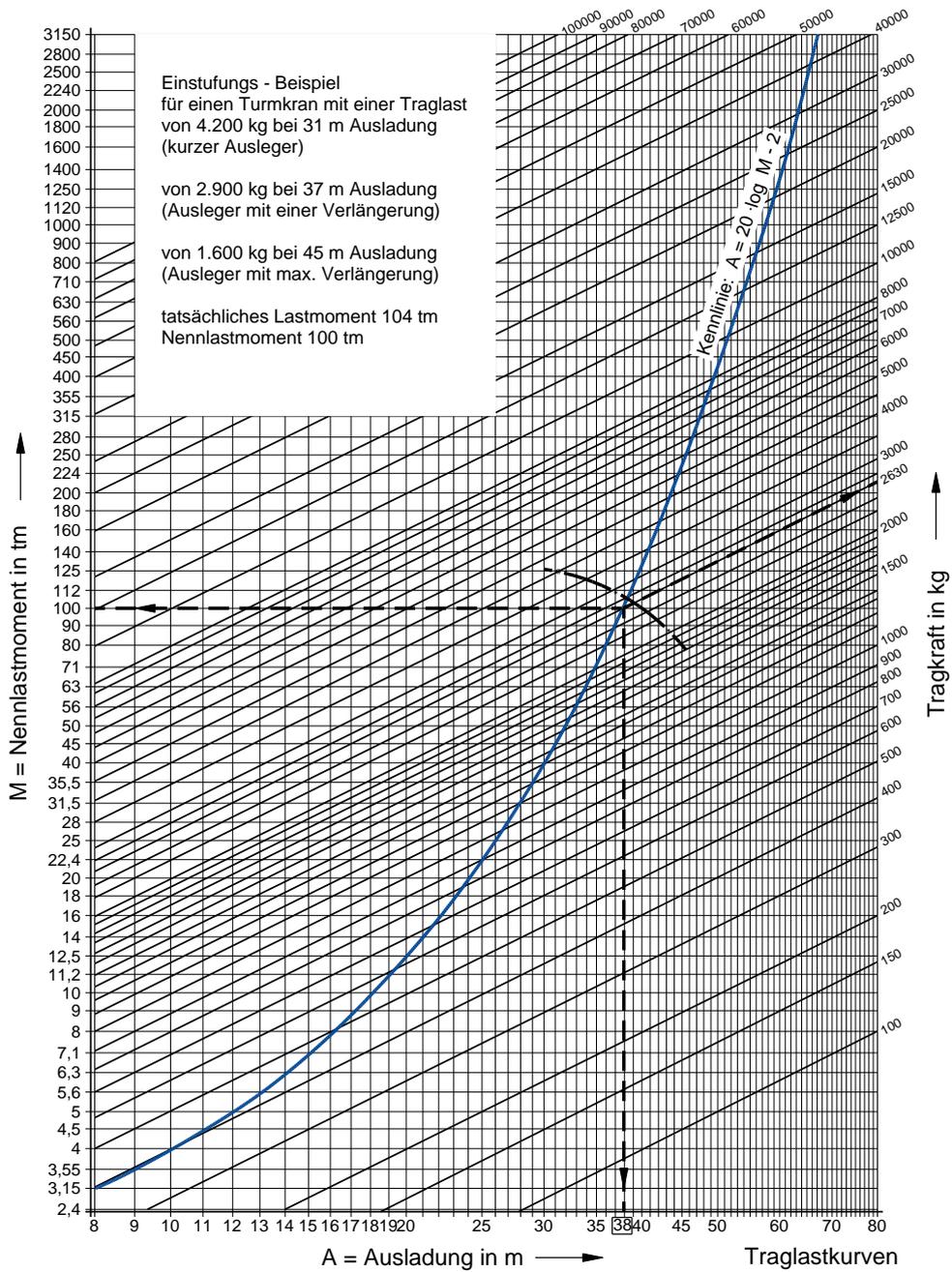
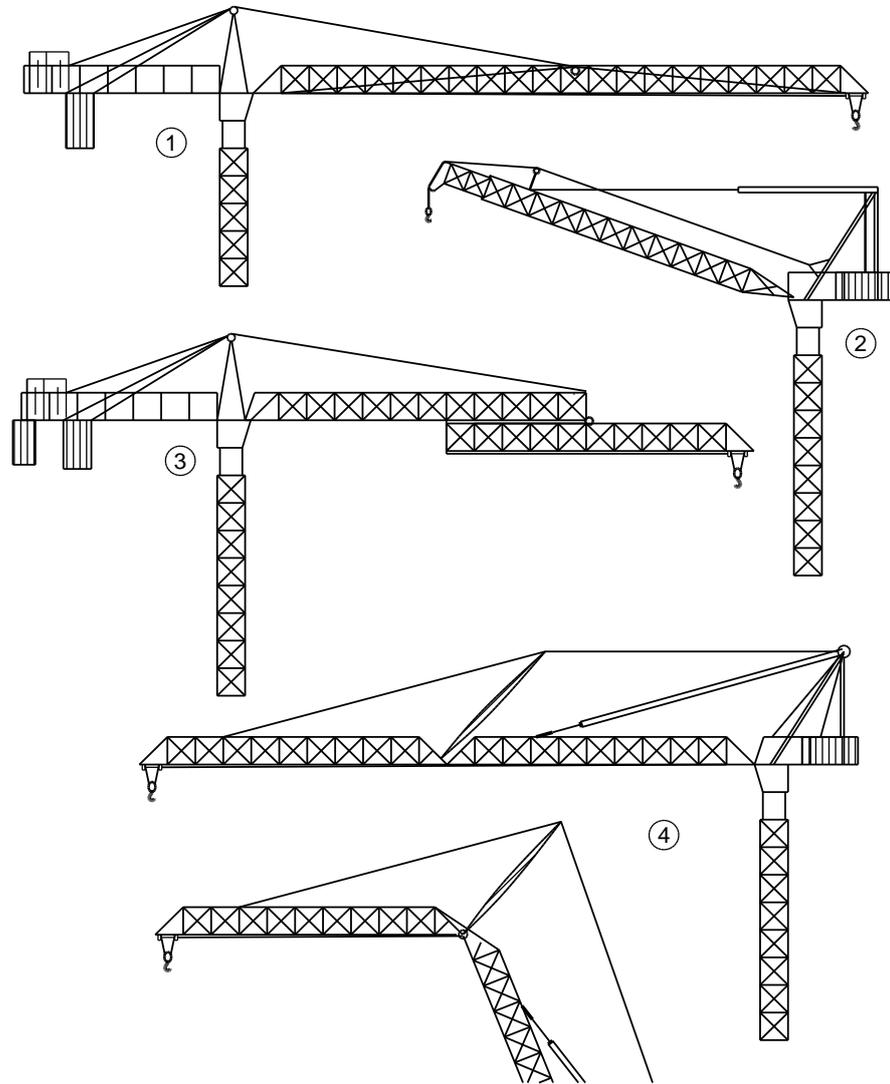


Abbildung 99: Nomogramm zur Bestimmung des Nennlastmomentes nach BGL 2001

Ausleger-Typen von Turmkranen

Unterschieden werden die in Abbildung 100 dargestellten Ausleger-Typen:



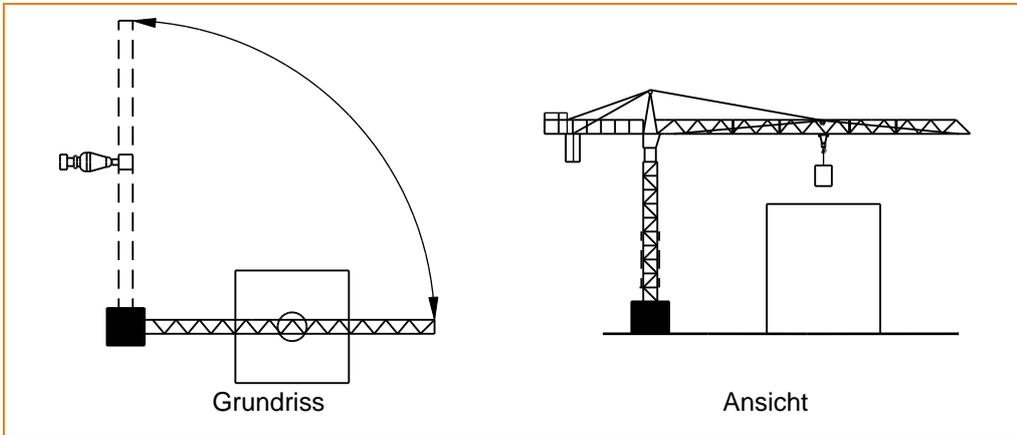
- 1) Laufkatzen-Ausleger: Die Last kann über die ganze Auslegerlänge horizontal verfahren werden, das Hubseil läuft über eine an der Laufkatze befestigte Rolle, die Laufkatze läuft auf an der Unterseite des Auslegers angebrachten Schienen.
- 2) Nadel-Ausleger: Das Hubseil läuft über eine an der Auslegerspitze angebrachten Rolle, die Horizontalbewegung der Last geschieht über die Steil- oder Flachstellung des Auslegers. Von Vorteil ist, dass der Kran durch die Steilstellung des Auslegers Hindernissen ausweichen und zusätzlich Hubhöhe gewinnen kann. Der Nadel-Ausleger wird zzt. nur noch für große Kletterkrane verwendet.
- 3) Teleskop-Ausleger: Teleskopierbare Laufkatzen-Ausleger können Hindernissen im Drehbereich ausweichen, der Ausleger kann stufenlos fast um die Hälfte verkürzt werden.
- 4) Knick-Ausleger: Durch Anknicken kann der Laufkatzen-Ausleger an Hubhöhe gewinnen und gleichzeitig die Ausladung verringern, dies ist vorteilhaft beim Bau von Türmen und hohen Gebäuden.

Abbildung 100: Ausleger-Typen bei Turmdrehkränen

Lehrbeispiel

Berechnung zur Kran-Einzelleistung

Beim Bau eines Hochhauses von 100 m Höhe sollen Kern und Stützen mit einem Turm-
kran betoniert werden.



Berechnen Sie die Kranleistung je Arbeitsstunde in Abhängigkeit von der Höhe!

Angaben zur Kranspielzeit:

- Beladen am Fahrmischer: 30 s
- Kübel entleeren: 1,5 min
- Hubgeschwindigkeit: 2,0 m/s
- Senkgeschwindigkeit: 4,0 m/s
- Drehgeschwindigkeit: 0,8 U/min
- Angaben zum Krankübel-Inhalt: 1200 l
- Nutzleistungsfaktor: 84 %

Lösung

$$Q_N = Q_G \cdot f_N \text{ in m}^3/\text{h}$$

$$f_N = 0,84$$

$$Q_G = V \cdot 60 / T \text{ in m}^3/\text{h}$$

$$V = 1,2 \text{ m}^3$$

$$T = \text{Gesamtspielzeit} = t_{\text{fix}} + t_{\text{var}} - t_{\text{üb}} \quad \text{in min}$$

Fixzeiten: Beladen + Schwenken + Entleeren

$$t_{\text{fix}} = 0,5 + 90^\circ / 360^\circ \cdot 0,8 + 1,5 = 2,2 \text{ min}$$

Variable Zeiten als Funktion der Höhe H: Heben + Senken

$$t_{\text{var}} = H / (2,0 \text{ m/s} \cdot 60 \text{ s/min}) + H / (4,0 \text{ m/s} \cdot 60 \text{ s/min}) = 0,013 \cdot H \text{ in min}$$

Überlappungszeiten: keine $t_{\text{üb}} = 0$

Die Spielzeit in Abhängigkeit von der Höhe H:

$$T(H) = 2,2 + 0,013 \cdot H \quad \text{in min}$$

Die stündliche Nutzleistung in Abhängigkeit von der Höhe H:

$$Q_G(H) = 1,2 \cdot 60 / (2,2 + 0,013 \cdot H) \cdot 0,84 = 4652 / (169 + H) \quad \text{in m}^3/\text{h}$$

d.h. zum Beispiel:

$$\text{bei } H = 10 \text{ m ist } Q_G = 4652 / (169 + 10) = 26 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{bei } H = 50 \text{ m ist } Q_G = 4652 / (169 + 50) = 22 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{bei } H = 100 \text{ m ist } Q_G = 4652 / (169 + 100) = 17 \text{ m}^3/\text{h}$$



9.4 Kostenrechnung in der Bauwirtschaft

9.4.1 Wertströme und betriebswirtschaftliche Grundlagen einer Kostenrechnung

Ein Wirtschaftsunternehmen wird von zwei entgegengesetzten Wertströmen gekennzeichnet (vergl. Abbildung 101):

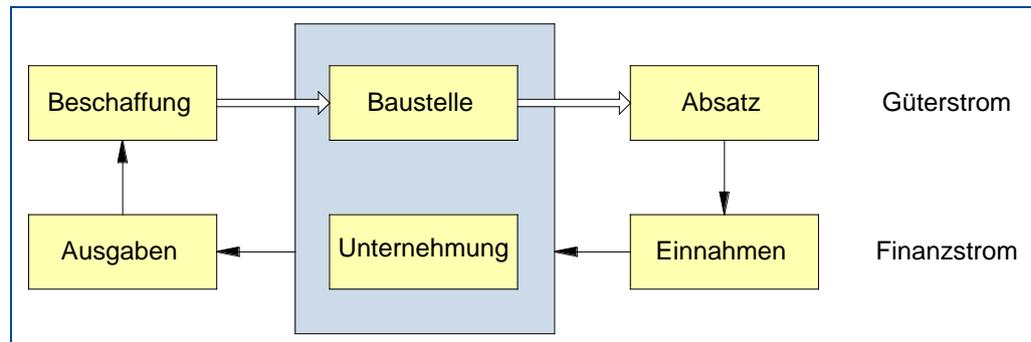


Abbildung 101: Güter- und Finanzstrom

Für die Produktion fließen dem Unternehmen Güter als Rohstoffe oder als Teilfertigzeugnisse zu. Diese Güter werden im eigenen Produktionsbetrieb verarbeitet und verlassen dann das Unternehmen, um den Bedarf der Verbraucher zu decken oder als Vorerzeugnisse in anderen Betrieben weiterverarbeitet zu werden.

Entgegengesetzt zum Güterstrom verläuft der Finanzstrom; es wird für die Produkte Geld eingenommen und das für die Betriebsbereitschaft erforderliche Kapital beschafft. Das Geld wird für die Beschaffung der Leistungen und Güter wieder ausgegeben.

Dieser Prozess läuft auch in der Bauwirtschaft ab. Es werden die Baustoffe und Arbeitskräfte beschafft, das Bauwerk erstellt und dem Bauherrn übergeben.

Während aber in der stationären Industrie zunächst die Waren produziert und anschließend verkauft werden, werden von einer Bauunternehmung zuerst Aufträge für Bauleistungen hereingeholt. Die Produktion wird erst nach der Auftragserteilung aufgenommen.

Um zahlenmäßige Information über alle Vorgänge im Unternehmen zu erhalten, muss ein **betriebliches Rechnungswesen** aufgebaut werden, das alle betrieblichen Vorgänge wert- und mengenmäßig erfasst, so weit sie der Finanzierung, der Auftragsbeschaffung, der Bereitstellung der Produktionsmittel und der Auftragsabwicklung dienen.

Informationen aus dem Rechnungswesen sind für folgende Personenkreise von Interesse:

Gesellschafter, Kreditgeber, Finanzbehörden und die Betriebsbelegschaft sowie die betroffene Öffentlichkeit brauchen Informationen zum Tätigkeitsbereich, zum Vermögens- und Kapitalbestand sowie zur Erfolgssituation der Unternehmung.

Die Unternehmensführung braucht darüber hinaus Informationen zur wirtschaftlichen Steuerung und Kontrolle des betrieblichen Geschehens sowie zur Ermittlung der Preise für die zu erstellenden Bauobjekte.

Aus der Verschiedenartigkeit dieser Informationsbedürfnisse heraus haben sich zwei Hauptbereiche des baubetrieblichen Rechnungswesens herausgebildet (vergl. Abbildung 102):

die Unternehmens- und Finanzrechnung
die Kosten- und Leistungsrechnung

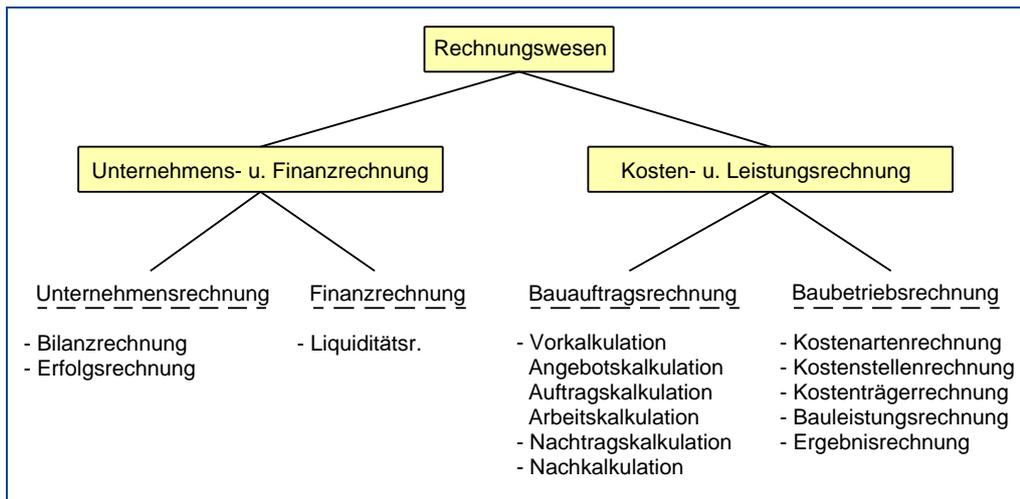


Abbildung 102: System des baubetrieblichen Rechnungswesens

Um kostendeckende Angebotspreise für neue Aufträge ermitteln zu können, muss über die betriebliche Kostensituation der laufenden Baumaßnahmen und des Gesamtbetriebes Klarheit herrschen.

Deshalb werden in der **Baubetriebsrechnung** alle innerbetrieblichen Wertbewegungen getrennt nach Kostenarten und Kostenstellen registriert. Diese werden möglichst verursachungsgerecht den einzelnen Kostenstellen und Kostenträgern zugerechnet.

Aus den Ist-Werten der Baubetriebsrechnung werden Unterlagen für die Steuerung und Kontrolle des Baubetriebes gewonnen.

In der **Bauauftragsrechnung** werden die Kosten für die einzelnen Bauobjekte oder einzelner Teile davon ermittelt, um der Preisgestaltung, der Verfahrensauswahl oder der Kostenvorgabe und der Kostenkontrolle zu dienen.

9.4.2 Erfassung und Berechnung der einzelnen Kostengruppen einer Bauleistung

Methoden der Kalkulation

Bei der Kalkulation von Bauleistungen wird im Allgemeinen eine der beiden hier erläuterten Methoden der **Zuschlagskalkulation** angewandt. Hierbei werden zunächst nur die direkten Kosten für die einzelnen Teilleistungen (Einzelkosten der Teilleistungen, EKT) ermittelt.

Im Anschluss daran werden die Gemeinkosten der Baustelle und die umsatzbezogenen Gemeinkosten des Betriebes erfasst und prozentual den einzelnen Teilleistungen zugeschlagen.

Nach der Berechnungsart der Zuschläge unterscheidet man die beiden Verfahren:

Kalkulation über die Angebotssumme

Kalkulation mit vorausbestimmten Zuschlägen unterschieden

Die **Kalkulation über die Angebotssumme** ist das genauere Verfahren, da man dabei die besonderen Verhältnisse jeder einzelnen Baustelle berücksichtigen kann. Nach der Ermittlung der EKT werden die Gemeinkosten der Baustelle für jedes zu kalkulierende Objekt gesondert erfasst.

Diese Gemeinkosten der Baustelle werden mit den Allgemeinen Geschäftskosten sowie Wagniskosten und dem Gewinn zusammengefasst und nach Ermittlung der Angebotssumme den EKT anteilmäßig zugeschlagen, sodass sich die Einheitspreise für die Teilleistungen ergeben.

Bei der **Kalkulation mit vorausbestimmten Zuschlägen** wird auf eine genaue Berechnung der Gemeinkosten für die einzelne Baumaßnahme verzichtet. Die gesamten Gemeinkosten werden mit Zuschlagsätze auf die EKT berücksichtigt, die für den ganzen Betrieb oder für bestimmte Bauwerksarten mithilfe der Baubetriebsrechnung vorausbestimmt wurden.

Aus den Einzelkosten der Teilleistungen werden also mithilfe der Zuschlagsätze sofort die Einheitspreise ermittelt.

Bei der Durchführung der Kalkulation müssen wir die beiden folgenden Gliederungsebenen unterscheiden:

Gliederung in Kostengruppen (vertikale Gliederung)

Die Kosten für die Erstellung eines Bauwerkes werden in der Kalkulation nach ihrer Verursachung und der Zurechnungsmöglichkeit in die folgenden Kostengruppen gegliedert:

Einzelkosten der Teilleistungen
+ Gemeinkosten der Baustelle
= Herstellkosten
+ Allgemeine Geschäftskosten
+ Bauzinsen
= Selbstkosten
+ Wagnis und Gewinn
= Angebotssumme (netto)
+ Umsatzsteuer
= Angebotssumme (brutto)

Bei der Kalkulation über die Angebotssumme entspricht diese vereinfachte Gliederung auch dem zeitlichen Ablauf der Kostenermittlung. Die Allgemeinen Geschäftskosten, Bauzinsen, Wagnis und Gewinn werden dabei in der Regel gemeinsam über prozentuale Sätze in Bezug auf die Angebotssumme als so genannte umsatzbezogene Kosten erfasst.

Gliederung in Kostenarten (horizontale Gliederung)

Innerhalb der Kostengruppen „Einzelkosten der Teilleistungen“ und „Gemeinkosten der Baustelle“ werden die Kosten getrennt nach bestimmten Kostenarten geführt.

Für die Angebotskalkulation ist eine Trennung in folgende vier Kostenarten üblich:

Lohnkosten
Sonstige Kosten
Gerätekosten
Fremdleistungskosten

Die **Lohnkosten** enthalten die Kosten, die sich aus der Beschäftigung der gewerblichen Arbeitnehmer bei der Erstellung der Bauleistung ergeben.

Zu den **Sonstigen Kosten** gehören die Kosten für die Baustoffe, Bauhilfsstoffe, Baubetriebsstoffe, Schalung und Rüstung, Verbau und Transporte sowie Hilfsleistungen.

Soweit die Gerätekosten nicht als eigene Kostenart aufgeführt werden, sind sie auch zu dieser Kostenart zu rechnen.

Die **Gerätekosten** werden insbesondere bei maschinenintensiven Arbeiten des Erd- und Straßenbaus als eigene Kostenart ausgewiesen. Üblicherweise werden hier jedoch nur die Gerätevorhaltekosten, d.h. die Kosten für Abschreibungen, Verzinsung und Reparaturen erfasst.

Unter **Fremdleistungskosten** (auch Kosten der Nachunternehmer-Leistungen) werden in der Regel nur die Kosten für die von Nachunternehmern erbrachten Leistungen wie Erd- und Kanalarbeiten, Estrich- oder Putzarbeiten, Ausbauarbeiten bei schlüsselfertigen Bauten usw. verstanden, für die der Nachunternehmer die volle Gewährleistung übernimmt.

Zur Vereinfachung kann also auch mit nur 3 Kostenarten gearbeitet werden:

Lohnkosten
Sonstigen Kosten (einschließlich Gerätekosten)
Fremdleistungskosten

Wird die Kalkulation mithilfe von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen (EDV) durchgeführt, so können ohne weiteres auch mehr als 4 Kostenarten eingeführt werden, ohne dass die praktische Durchführung erschwert wird.

Es ergibt sich dann der Vorteil, dass die Angebotskalkulation ohne aufwändige Umbuchungen in die Arbeitskalkulation überführt werden kann. Bei der Arbeitskalkulation ist eine weitere Differenzierung der Kostenarten wünschenswert, um eine aussagekräftigere Nachkalkulation für die einzelnen Kostenarten durchführen zu können, zum Beispiel:

Lohnkosten
Sonstige Kosten
Gerätekosten
Fremdleistungskosten
Gemeinkosten der Baustelle
Umsatzbezogene Gemeinkosten

10 Modul 5 LSK 4: „Planung und Leitung der Durchführung von Baumaßnahmen“ (Schwerpunktübergreifend)

10.1 Bauablauf- und Terminplanung einer Baumaßnahme

10.1.1 Bauablaufplanung mithilfe eines Balkenplans

Der Balkenplan ist bei allen Baubeteiligten die beliebteste Darstellungsform eines Bauablaufes. Er verursacht bei weitem den geringsten Planungsaufwand und ist recht anschaulich und übersichtlich. Er ermöglicht die leichte Kontrolle des tatsächlichen Bauablaufes (Ist-Zustand) im Vergleich zur Planung (Soll-Zustand).

Ein Balkenplan muss übersichtlich und leicht verständlich sein. Er wird vom Bauleiter sowohl zur Planung der einzelnen Fertigungsvorgänge auf der Baustelle als auch für die Einsatzplanung der Arbeitskräfte, Geräte und Nachunternehmer für Spezialleistungen eingesetzt. In vielen Fällen wird bei Großbaustellen seitens der Bauüberwachung und Bauoberleitung das Gesamtprojekt mit der Netzplanmethode geplant und überwacht, aber für die einfach verständliche Darstellung der Arbeitsvorgänge auf der Baustelle ein Balkenplan erzeugt. Fertigungsabschnitte und Vorgänge werden in der Regel auf der Vertikalen angeordnet, die Bauzeiten dann im Raster der entsprechenden Feinheit als Wochen- oder Tagesblöcke in der Horizontalen abgebildet. Üblicherweise wird ein Balkenplan auf Basis eines Tabellenprogramms, z.B. Excel, oder mit einer entsprechenden Fachsoftware erstellt.

Zur Erstellung eines Balkenplanes sind folgende Schritte erforderlich:

Festlegung der Detaillierung in Abhängigkeit von der Planungsebene

Kopfzeile mit Definition des Zeitmaßstabes (Monate, Wochen, Tage; rasterartig oder unter Zugrundelegung eines konkreten Kalenderjahres mit allen bekannten Randbedingungen wie Feiertage etc.)

Definition der Spalten mit fortlaufender Nr. / Pos.-Nr. im LV / Vorgangsbeschreibung in Kurztext

Bestimmung und zeilenweise Anordnung aller Vorgänge möglichst in der zeitlichen Abfolge der Durchführung

Im letzten Schritt werden aus der Vorgangsliste die erforderlichen Zeiträume zeilenweise als Blöcke eingetragen. Die Länge des Balkens zeigt die Vorgangsdauer an.

Die Abbildung 103 zeigt hierfür ein einfaches Beispiel. Auf der Zeitachse von links nach rechts werden die Arbeitstage und/oder Kalendertage aufgetragen. In der breiten linken Spalte sind die einzelnen Vorgänge untereinander aufgelistet (Baustelleneinrichtung, Erdarbeiten, Fundamente usw.) Für jeden Vorgang ist eine Soll- und eine Ist-Zeile vorgesehen. Der Balken in der Soll-Zeile stellt die geplante Ausführungszeit für den entsprechenden Vorgang dar. Der Balken in der Ist-Zeile wird während der Ausführung der Bauarbeiten täglich oder wöchentlich entsprechend der tatsächlichen Ausführung eingetragen.

Für einfache Vorgänge ist der Balkenplan vollkommen ausreichend, wenn nicht nur intuitiv und zusammenhangslos die Zeit-Vorgang-Balken untereinander gezeichnet werden. In der Einfachheit der Erstellung liegt ein Nachteil des Balkenplanes: der Ersteller unterliegt schnell der Versuchung, Balken zu ziehen, ohne sich verantwortungsvoll detaillierte Gedanken über den Bauablauf, insbesondere über die gegenseitigen Zusammenhänge der einzelnen Vorgänge (Balken) zu machen. Dagegen ist das Erstellen eines Netzplanes, den wir später behandeln werden, ohne diese differenzierten Überlegungen überhaupt nicht möglich.

Eine detaillierte Vorgangsliste (Arbeitsverzeichnis), wie sie zuvor beschrieben wurde, als Basis für die Erarbeitung eines Balkenplanes muss zwingend vorher aufgestellt werden. Ebenso erhöht die Hinterlegung des konkreten Kalenderzeitraumes, der Wochen- und Feiertage sowie der zu erwartenden Ausfalltage den Anspruch an eine verantwortungsvolle Bearbeitung und eine vertrauenswürdige Darstellung der Bauabläufe.

Ein großer Nachteil des Balkendiagramms ist, dass Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Vorgängen nur sehr begrenzt dargestellt werden können, indem Pfeile zwischen den Vorgängen eingezeichnet werden. Dadurch werden Planungsüberlegungen z.B. über den „zeitkritischen Pfad“ auf der Baustelle ansatzweise sichtbar.

Zur einfachen Kontrolle des Baufortschritts sind gelegentlich weitere Spalten in Balkenpläne eingefügt, in denen nach der Spalte der Vorgänge zugehörige Fertigungsmengen, Aufwands- oder Leistungswerte, der Gesamtarbeitsaufwand für die Fertigungsgruppe, die tägliche Arbeitszeit und die geplante Kolonnenstärke eingetragen werden, wie sie sonst in den Arbeitsverzeichnissen (s.u.) gelistet sind. Aus den daraus ermittelten Tagesleistungen wird in der nachfolgenden letzten Spalte dann die gewählte Vorgangsdauer eingetragen und einem Balken als Zeitraum zugeordnet.

10.2 Sicherheit und Gesundheitsschutz auf der Baustelle

Beschäftigte auf Baustellen sind einem besonders hohen Unfall- und Gesundheitsrisiko ausgesetzt, denn Unfälle auf Baustellen haben meist schwere Folgen.

10.2.1 Rechtliche Grundlagen von Sicherheit und Gesundheitsschutz auf der Baustelle

Untersuchungen haben ergeben, dass mehr als die Hälfte der Unfälle am Bau auf Planungsfehler und mangelnde Organisation zurückzuführen sind. Aus diesem Grund ist es erforderlich, dass bereits bei der Planung Aspekte des Sicherheits- und Gesundheitsschutzes Berücksichtigung finden.

Zunächst aber ist eine rechtliche Einordnung des deutschen Arbeitsschutzrechts erforderlich. Die Abbildung zeigt die Pyramide des deutschen Arbeitsschutzrechts.

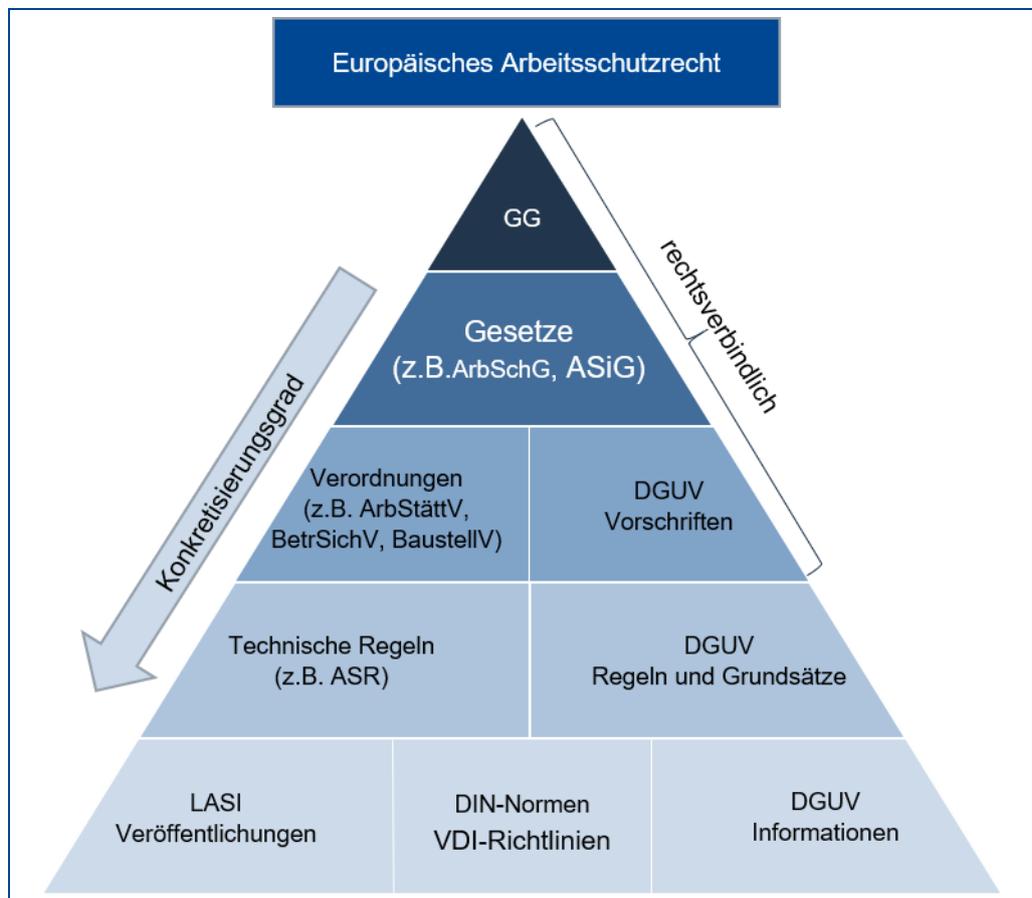


Abbildung 104: Pyramide des deutschen Arbeitsschutzrechts

10.2.2 Arbeits- und Schutzgerüste der Bauwerke

Arbeits- und Schutzgerüste sind z.B. Standgerüste an Fassaden, Raumgerüste, Hän-gerüste, Konsolgerüste, Fanggerüste.

Regelungen zu Arbeits- und Schutzgerüste der Bauwerke finden sich unter anderem in:

DGUV-Vorschrift 38 Bauarbeiten

DGUV-Regeln 101-038 Bauarbeiten

DGUV-Information 201-011 Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten

DGUV-Grundsatz 301-001 Grundsätze für die Prüfung von Belagteilen in Fang- und Dachfanggerüsten sowie von Schutzwänden in Dachfanggerüsten

DIN 4420 Arbeits- und Schutzgerüste

DIN 4422 Fahrbare Arbeitsbühnen (Fahrgerüste) aus vorgefertigten Bauteilen

DIN 4427 Stahlrohre für Trag- und Arbeitsgerüste

Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz im Gerüstbau (nachfolgend kurz „Sicherheitsregeln“ genannt), herausgegeben von den Berufsgenossenschaften

DIN EN 12811-1 Temporäre Konstruktionen für Bauwerke - Teil 1: Arbeitsgerüste - Leistungsanforderungen, Entwurf, Konstruktion und Bemessung“

DIN EN 1004 Fahrbare Arbeitsbühnen aus vorgefertigten Bauteilen - Werkstoffe, Maße, Lastannahmen und sicherheitstechnische Anforderungen

Mögliche Gefahren, die bei der Benutzung von Gerüsten ausgehen können sein:

Absturz vom Gerüst

Lösen des Gerüsts von der Wand

Überlastung des Gerüsts, ungenügende Tragfähigkeit

Wegrollen von Gerüsten

Die Bauteile eines Gerüsts sind in der Abbildung dargestellt.

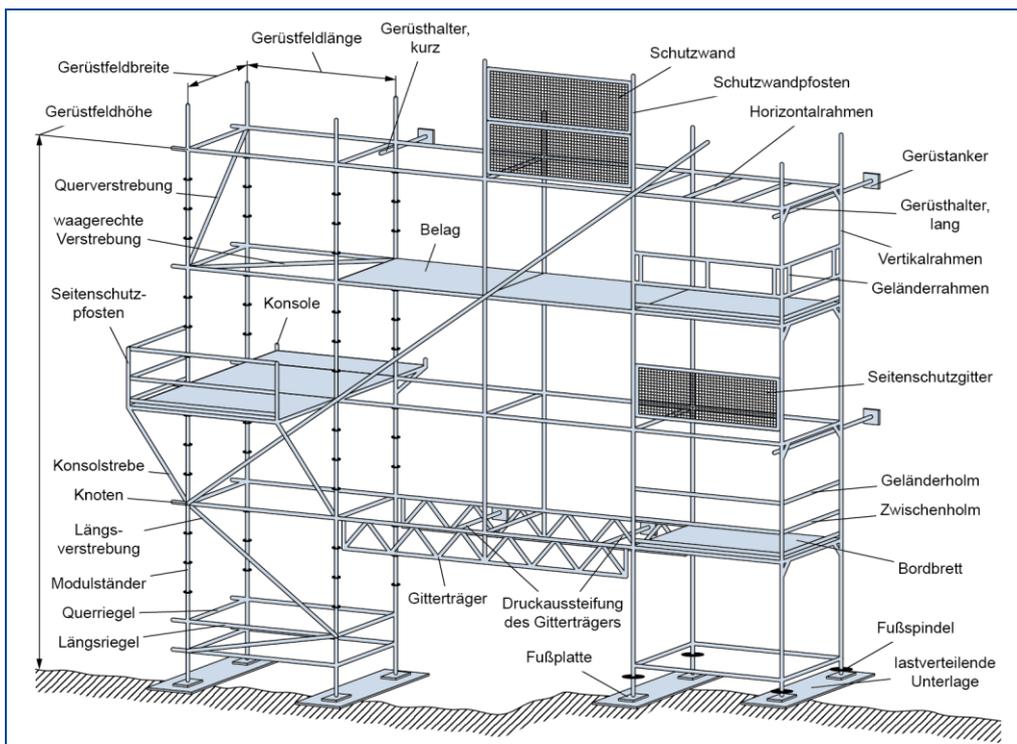


Abbildung 105: Bauteile eines Gerüsts und deren Benennung

10.2.3 Baugruben und Gräben auf der Baustelle

Regelungen zu Baugruben und Gräben finden sich in:

DGUV-Vorschrift 38 Bauarbeiten und

DGUV-Regeln 101-038 Bauarbeiten

DIN 4124 Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau Baugruben und Gräben

Herstellung von Baugruben und Gräben

Bei Erd-, Fels- und Aushubarbeiten sind Erd- und Felswände so abzuböschen oder zu verbauen, dass Beschäftigte nicht durch Abrutschen von Massen gefährdet werden können. Dabei sind alle Einflüsse, welche die Standsicherheit des Bodens beeinträchtigen können, zu berücksichtigen.

Erd- und Felswände dürfen beim Aushub nicht unterhöhlt werden. Trotzdem entstandene Überhänge sowie beim Aushub freigelegte Findlinge, Bauwerksreste, Bordsteine, Pflastersteine und dergleichen, die abstürzen oder abrutschen können, sind unverzüglich zu beseitigen.

An den Rändern von Baugruben und Gräben, die betreten werden müssen, sind mindestens 0,60 m breite, möglichst waagerechte Schutzstreifen anzuordnen und von Aushubmaterial, Hindernissen und nicht benötigten Gegenständen freizuhalten. Bei Gräben bis zu einer Tiefe von 0,80 m kann auf einer Seite auf den Schutzstreifen verzichtet werden. Baugruben und Gräben von mehr als 1,25 m Tiefe dürfen nur über geeignete Einrichtungen, z.B. Leitern oder Treppen, betreten und verlassen werden. Gräben von mehr als 0,80 m Breite sind in ausreichendem Maße mit Übergängen, z.B. Laufbrücken oder Laufstegen, zu versehen. Für die Ausführung von nicht verbauten Böschungen gelten die in der Tabelle dargestellten Regelfälle.

Tabelle 32: Regelfälle für die Ausführung nicht verbaute Baugruben und Gräben nach DIN 4124

Tiefe in m	Boden	Ausbildung der Baugrubenwand	
bis 1,25	--	ohne Sicherung mit senkrechten Wänden, sofern die anschließende Geländeoberfläche a) bei nichtbindigen Böden nicht stärker als 1:10, b) bei bindigen Böden nicht stärker als 1:2 geneigt ist.	
bis 1,75	mindestens steifer bindiger Boden und Fels	ohne Sicherung, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Bereich der Wand unter einem Winkel $\beta \le 45^\circ$ abgeböschet oder gesichert wird	
	fester Straßenoberbau	eine Sicherung mit mindestens 20 cm breiten Saumböhlen ist zulässig	
über 1,25 bzw. 1,75	alle	Herstellung nur mit abgeböschten Wänden a) bei nichtbindigen oder weichen bindigen Böden $\beta = 45^\circ$, b) bei steifen oder halbfesten bindigen Böden $\beta = 60^\circ$, c) bei Fels $\beta = 80^\circ$. Ist damit zu rechnen, dass die Standsicherheit einer nicht verbauten Wand durch Wasser, Trockenheit, Frost oder ähnliches gefährdet wird, so sind entweder die freigelegten Flächen gegen derartige Einflüsse zu sichern oder es ist die Wandhöhe bzw. die Böschungsneigung entsprechend Abschnitt 4.2.3 zu verringern.	
> 5,00	Standsicherheitsnachweis erforderlich		

