



DAA-TECHNIKUM

Fortbildungslehrgang Staatlich geprüfter Techniker (m/w/d)

Fachrichtung: Holztechnik

Auszüge aus dem Lernmaterial



Lernmaterial

Inhaltsverzeichnis

1	Modul 2 LSK 1: „Werkstoffe aus Holz und Bambus“	4
1.1	Holzlagenwerkstoffe in der Holztechnik	4
1.1.1	Eigenschaften und Verwendung von Furniersperrholz und Schichtholz	4
1.1.2	Eigenschaften und Verwendung von besonderen Lagenhölzern	15
2	Modul 2 LSK 3: „Massivholz und Bambus“	25
2.1.1	Eigenschaften des Holzes	25
3	Modul 2 LSK 6: „Darstellungstechniken und Produktpräsentation“	50
	Einleitung	50
3.1	Räumliche Darstellung durch Übereckperspektiven	52
3.2	Digitale Möbelgestaltung und –planung	65
4	Modul 2 LSK 7: „Grundlagen der Möbelgestaltung“	75
4.1	Möbelgestaltung am Beispiel von Einbauküchen	75
5	Modul 3 LSK 3: „Statik und Festigkeitslehre II“	96
5.1	Statische Betrachtung ausgewählter Dachkonstruktionen aus Holz	96
5.1.1	Statische Betrachtung von Pfettendächern nach Eurocode	97
5.1.2	Statische Betrachtung von Sparrendächern nach Eurocode	99
5.1.3	Statische Betrachtung von Nagelplattenbindern nach Eurocode	101
6	Modul 3 LSK 4: „Bauphysikalische Nachweise“	106
6.1	Anforderungen an den Wärmeschutz nach DIN 4108	106
6.1.1	Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände R leichter und schwerer Bauteile	107
6.2	Anforderungen an den Wärmeschutz nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG)	109
6.3	Nachweise des Wärmeschutzes zur Energieeinsparung	112
7	Modul 4 LSK 4: „Fertigung mit Maschinen und Robotern in der Holztechnik“	116
7.1	Fertigungsprozesse mit Doppelendprofilern	116
7.2	Fertigungsprozesse mit Bearbeitungszentren	118
7.3	Fertigungsprozesse mit mehrstufigen Fertigungssystemen (Transferstraßen und flexiblen Fertigungslinien)	121
8	Modul 5 LSK 1: „Grundlagen der Produktionsplanung und Produktionssteuerung“	127
	Inhaltsverzeichnis	127
	Einleitung	128
	Anhang LS 2-1 LSU 1: „Erweiterung eines Optik- und Akustik-Centers“	130

1 Modul 2 LSK 1: „Werkstoffe aus Holz und Bambus“

1.1 Holzlagenwerkstoffe in der Holztechnik

1.1.1 Eigenschaften und Verwendung von Furniersperrholz und Schichtholz

Furniersperrholz und Schichtholz gehört zur Gruppe der Holzwerkstoffe. Ein Kennzeichen der Holzwerkstoffe ist die Herstellung von plattenförmigen Erzeugnissen aus unterschiedlichen Bestandteilen. Hauptbestandteil ist zerkleinertes und verpresstes Vollholz. Abhängig von der Art und dem Grad der Zerkleinerung des Vollholzes ergeben sich unterschiedliche Produkte. Durch die Zerkleinerung können neben Vollholz auch die Restholzbereiche der Baumstämme aus Durchforstung, sowie Altholz verwendet werden. Hierdurch wird die gesamte Ökobilanz des Werkstoffes Holz wesentlich verbessert. Auch neuartige Werkstoffe haben ein erhebliches Potential für Nachhaltigkeit und eine bessere Ökobilanz. Zu diesen Werkstoffen gehört Bambus, dessen Verwendung im Holzbereich erst am Anfang einer guten Entwicklung steht. Holzwerkstoffe sind im Vergleich zu Vollholz in ihrem Aufbau gleichmäßiger und maßhaltiger und lassen daher großflächigere Werkstücke zu. Sie ermöglichen den Einsatz „fehlerhaften“ Holzes, welches durch die Zerkleinerung und Verteilung im fertigen Produkt, die fehlerhaften Eigenschaften minimiert. Typische Zerkleinerungsstufen für die Herstellung von Holzwerkstoffen sind:

Brett-Lamellen (Schnittholz)

Furniere

Strands

Späne

Fasern



Abbildung 1: Strands für die Herstellung von OSB-Platten, © BÜTTNER Energie- und Trocknungstechnik GmbH



Abbildung 2: Platten aus Holzfaserverwerkstoffen

Furniersperrholz und Schichtholz auf Basis von Furnieren kann nachfolgend eingeteilt werden:

Sperrholz / Furniersperrholz

Furnierschichtholz LVL (laminated veneer lumber)

Furnierstreifenholz PSL (parallel strand lumber)

Sperrholz (auch als **Furniersperrholz** bezeichnet) ist einer der ältesten Holzwerkstoffe und basiert auf dem Absperren von Furnieren. Durch das abwechselnde Drehen der Furnierlagen um 90° und das anschließende Verleimen mit einer ungeraden Anzahl von

Furnierlagen entsteht der Absperreffekt. Die einzelnen Lagen behindern sich gegenseitig an der Quellung und Schwindung der Sperrholzplatte.

Zu der Gruppe der Sperrhölzer gehören:

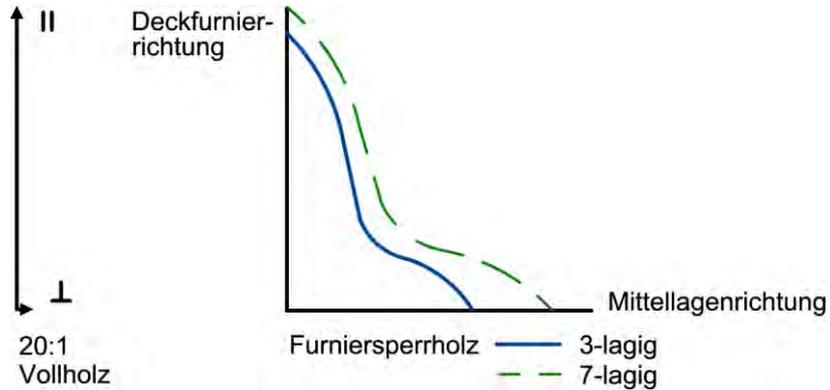
Furniersperrholz
Multiplexplatten
Siebdruckplatten
Kunstharzpressholz
Fliegersperrholz
Formsperrholz (DIN 68707)
Fadenholz

Die wichtigste Norm für diese Gruppe ist die **DIN EN 636** und die **DIN EN 13986**. Bei der DIN EN 636 geht es im Wesentlichen um den Werkstoff Sperrholz und bei der DIN EN 13986 um die Anwendung im Bauwesen. Die besondere Bedeutung der Normen für das Bauwesen und die Verwendung dieser Holzwerkstoffe im Bauwesen wird später noch ausführlicher beschrieben.

Furniersperrholz besteht aus einzelnen Furnierschichten, die kreuzweise aufeinander geleimt sind. Im Querschnitt sind sie nach Furnierdicke, Holzart und Faserrichtung symmetrisch aufgebaut und haben daher eine ungerade Anzahl von Furnierlagen. Die Faserrichtungen der Decklagen verlaufen parallel. Die elastischen und mechanischen Eigenschaften lassen sich durch die Holzart und durch die Änderung von Zahl und Anordnung der Einzelfurniere sowie durch die Dicke der Furniere wesentlich beeinflussen. Bevorzugte Holzarten sind Fichte, Birke, Pappel, Buche, Meranti, Kiefer und Gabun.

Bei der Herstellung werden Schälurniere verwendet, die zugeschnitten und fugendicht verleimt werden. Anschließend werden Deck- und Mittellagen nach Qualität sortiert. Die auf Plattengröße vorbereiteten Furnierlagen werden mit Kondensationsklebstoffen wie Harnstoffformaldehydharz (KUF) oder Phenolformaldehydharz (KPF) beleimt, aufeinandergelegt und in Heißpressen verpresst. Nach dem Pressen werden die Furnierplatten abgekühlt, hierbei geben sie die durch den Leim eingebrachte Feuchtigkeit ab. Die inneren Spannungen werden abgebaut (Konditionieren). Danach werden die Platten auf Format geschnitten und geschliffen.

Furniersperrholzplatten besitzen höhere Maß- und Formbeständigkeit als Vollholz. Durch den Absperreffekt werden die bei Änderung der relativen Luftfeuchte auftretenden Quell- und Schwinderscheinungen in Plattenebene erheblich reduziert. Bei 1 % Feuchteänderung treten Abmessungsänderungen in der Länge und Breite von 0,02-0,03 % und in der Dicke von 0,25-0,35 % auf. Die Abmessungsänderung in der Fläche beträgt demnach in etwa dem differentiellen Quellmaß von Vollholz in Faserrichtung. Die elastischen Eigenschaften und die Festigkeiten parallel und senkrecht zur Faserrichtung des Deckfurniers gleichen sich bei zunehmender Lagenzahl an und führen zu nahezu isotropen Eigenschaften in Plattenebene. Je nach Aufbau der Platte werden Festigkeiten erreicht, die über den Festigkeiten von Vollholz liegen.



Die Festigkeit bei Furniersperrholz steigt mit zunehmender Parallelität des Deckfurniers. Insgesamt steigen die Festigkeitswerte mit der Anzahl der Furnierlagen.

Abbildung 3: Polardiagramme der Festigkeiten von Vollholz und Furniersperrhölzer mit unterschiedlicher Lagenzahl

Angeboten wird Furniersperrholz in Stärken von 3-40 mm und auch in Sonderstärken bis 80 mm. Übliche Abmessungen sind: Länge (in Deckfurnierichtung) ca. 2500 mm und Breiten bis ca. 1250 mm.

Für die Verwendung von Furniersperrholz ist die Qualität der Deckfurniere wichtig. Diese werden nach den Güteklassen E, I, II, III, IV unterschieden und können je nach Plattenseite unterschiedlich sein. Die erste Angabe ist immer die Plattenoberseite mit der besseren Qualität und die zweite Angabe die Unterseite mit der schlechteren Qualität.

Tabelle 1: Qualitätsmerkmale für Deckfurniere von Sperrhölzern (vereinfachte Darstellung nach DIN EN 636)

Klasse	Qualitätsmerkmale der Deckfurniere nach DIN EN 636
E	Fehlerfrei ohne Äste, Risse, Harzgallen oder ähnliche Fehler, für die sichtbare Verwendung
I	Oberfläche ohne Risse, wenige Äste, sichtbare Verwendung möglich
II	Mit Holzfehler bei der Verwendung mit deckenden Anstrichen nicht durchmarkierend
III	Offene oder ausgebesserte Holzfehler, durch Beschichtungen verdeckbar
IV	Oberfläche ohne Anforderung an das Aussehen

Ein Beispiel für die Bezeichnung ist „Furniersperrholz, 6 mm, E/II“. Im Handel sind aber auch andere Qualitätsbezeichnungen mit den Buchstaben A, AB, B, C und K üblich. Der Buchstabe „K“ steht in diesem Zusammenhang für Konstruktionsholz ohne besondere Qualitätsansprüche an die Oberfläche.

Die Verwendung von Sperrholz ist in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Spanplatten und MDF-Platten haben einen großen Marktanteil übernommen. Folgende Gründe sind hierfür aufzuzählen:

Sperrholz ist teurer als Spanplatten. Dies liegt zum Teil am Rohstoffeinsatz. Im Gegensatz zur Spanplatte, wo Industrieholz und Altholz verwertet wird, werden Sperrholzplatten aus qualitativ hochwertigem Rundholz gefertigt.

Bei der Plattenherstellung treten erhebliche Holzverluste auf, die je nach Holzart zwischen 50 % und mehr betragen können.

Der Verschnittsatz von Sperrholz beim Verarbeiter ist auf Grund der Beachtung der Furnierrichtung höher als bei Spanplatten.

Dennoch werden Sperrholzplatten in vielen Bereichen mit Erfolg eingesetzt, wie z.B. in ökologisch orientierten Möbelprogrammen, wo sie als Rückwände und Schubkastenböden akzeptiert werden, da eine Formaldehydbelastung bei Sperrholz kaum auftritt und nicht in den Maßen diskutiert wird, wie es bei der Verwendung von Spanplatten der Fall ist.

Multiplexplatten sind Furniersperrholz mit besonders dünnen Furnierschichten. Zurzeit gibt es keine eigenständige Norm für Multiplexplatten und somit auch keine genaue Definition von Furnierblattstärke oder Anzahl der Furnierlagen. Im Verhältnis zur Furniersperrholz-Platte sind bei gleicher Stärke immer wesentlich mehr Furnierlagen verpresst. Üblich sind mindestens 5-7 Furnierlagen. Aufgrund der größeren Lagenzahl haben diese Platten erhöhte Festigkeits- und Durchbiegungswerte und sind zudem formstabiler. Typische Einsatzbereiche sind der Vorrichtungs- und Schablonenbau und der Einsatz in der Werkstattausrüstung wie z.B. bei Arbeitstischen und Werkbänken. Durch den gleichmäßigen und optisch interessanten Aufbau im Kantenbereich werden diese Platten auch für Designmöbel verwendet. Sehr interessante Designs entstehen im Zusammenhang mit zusätzlichen Beschichtungen wie z.B. mit Linoleum.

Siebdruckplatten sind Furniersperrhölzer mit einer zusätzlichen Beschichtung und einer witterungsresistenteren Verklebung der Furnierschichten. Die Beschichtung mit einer Kunstharzoberfläche ist auf der Oberseite glatt und auf der Unterseite mit einem siebförmigen Muster verpresst. Ein typischer Einsatzzweck ist der Fahrzeugbau. Der Boden eines Pferdetransporters erhält dann die Siebfläche nach oben um eine bessere Rutschfestigkeit für die Pferde zu haben. Eine Schwachstelle dieser Platten ist der Kantenbereich. Beim Einsatz im Fahrzeugbau, oder sonstiger Verwendung im Außenbereich, müssen diese zusätzlich beschichtet werden. Eine Bekantung wie im Möbelbereich üblich, ist aufgrund der Belastung durch Feuchtigkeit, nicht möglich. Die Kantenversiegelung erfolgt daher mit speziellen Flüssigbeschichtungen.

Kunstharzpressholz ist Furniersperrholz, welches mit duromeren Kunstharzen getränkt, anschließend unter hohem Druck verdichtet und zu Platten verpresst wird. Dieses Material wird auch als „Panzerholz“ bezeichnet, da es auch als Verkleidung gegen Beschuss verbaut wird. Häufig wird dieses Material auch im Maschinenbau eingesetzt. Durch die sehr hohen Festigkeitswerte kann es alternativ zu Metall verbaut werden.

Fliegersperrholz ist eine eher seltene Form von Furniersperrholz. Hierfür werden besonders leichte Furniere, wie z.B. Balsaholz, verpresst. Anwendung findet dieses Material hauptsächlich im Modellbau, für Bastelarbeiten und bei Anforderungen für geringes Gewicht.

Beim **Formsperrholz** werden die Furnierlagen nicht eben zu einer Platte, sondern in Formen verpresst. Typische Anwendungen sind Stuhlsitze, Stuhlrücken oder sonstige dreidimensional gestaltete Möbelteile. Da die Verpressung von dünnen Furnieren erheblichen Pressdruck und die Zuführung von Wärme verlangt, ist die Herstellung der Pressformen aufwendig und teuer. Als Holzart wird hierfür häufig Buche eingesetzt. Diese ist besonders gut für die Herstellung der Furniere geeignet und hat sehr gute

Festigkeitswerte. Es ist auch möglich handwerklich Formsperrholz herzustellen. Anwendung findet dies z.B. bei Rundbogentürfutter und sonstigen Innenausbauerelementen. Da diese Teile in der Regel Einzelanfertigungen sind, wird mit kalt verpressbaren Leimen, einfacheren Formen und längeren Presszeiten gearbeitet. Der Einfachheit halber wird in diesen Fällen nicht abgesperrt, sondern immer in der gleichen Furnierichtung verpresst. Genau genommen sind dies dann keine Formsperrhölzer mehr, sondern Schichtholz.

Das **Fadenholz** ist ein interessantes Produkt für mehrfach verformte Anwendungen. Da wo beim Formsperrholz die Grenzen erreicht sind, ist mit Fadenholz noch vieles möglich. Typische Anwendungen sind mehrfachverformte und gewundene Rückenlehnen von Stühlen, komplette Stuhlgestelle oder Autolenkräder. Bei der Herstellung werden Furniere von ca. 1,5 mm Stärke beidseitig beleimt, direkt danach zu quadratischen Querschnitten aufgetrennt und als Bündel in Gesenken verpresst. Die Gesenke sind vergleichbar mit Maschinen aus dem Metallbereich zur Verformung von Blechen. Nach dem Verpressen werden die überstehenden besenförmigen Fäden abgeschnitten und das komplette Formteil geschliffen. Diese Technik rechnet sich nur für die Großserienherstellung, da die Gesenke sehr kostenaufwendig sind.

Diese Holzverarbeitungstechnik erschließt bisher nicht darstellbare Möglichkeiten: Dreidimensional gebogene Holme werden möglich. Die Holzfasern (und damit die Festigkeit) folgen dem Biegeverlauf auch in die dritte Dimension. Die Querschnitte können im Faserverlauf weitgehend verändert werden. Zum Beispiel von rund zu eckig, oval oder flächig. Astgabelartige Verzweigungen sind möglich.



Abbildung 4: Beispiel für Stuhl aus Fadenholz, © Jürgen Buddenberg, Paderborn

Für die Verwendung von Furnierholzprodukten im Möbelbereich, Innenausbau und Ausbaubereich ist die **Emissionsklasse E1** vorgeschrieben. Es darf nicht mehr als 0.1 ppm Formaldehyd bei der Abgabe in der Raumluft entstehen.

Furnierschichtholz LVL (laminated veneer lumbers) und **Furnierstreifenholz** PSL (parallel strand lumber) sind neuartige und besonders interessante Holzwerkstoffe für den Bau- und Ausbaubereich. Im Gegensatz zum Möbelbau müssen diese Werkstoffe auch statische Anforderungen erfüllen und müssen aufgrund der EU-Bauprodukteverordnung ein **CE-Kennzeichen** aufweisen. Grundlage für das CE-Kennzeichen ist die DIN EN 13986 und die DIN EN 636.

Zu den Anforderungen an diese Baustoffe gehören:

- Grenzwerte für den Formaldehydgehalt
- Grenzwerte für den Pentachlorphenolgehalt PCP
- Brandschutz-Klassen
- Mechanische Belastung
- Feuchtigkeitsbeständigkeit

Der aktuelle Grenzwert für **Formaldehyd** beträgt ≤ 0.1 ppm (E-Klasse E1). Alle Holzwerkstoffe, auch im Außenbereich, dürfen diesen Wert nicht überschreiten. Der Wert für **PCP** beträgt ≤ 5 ppm. PCP wurde als Fungizid (Pilzschutzmittel) eingesetzt und darf nach den neuen Verordnungen nicht mehr eingesetzt werden. Haben die Holzwerkstoffe ein CE-Kennzeichen werden die Werte nicht überschritten.

Für die Beurteilung der Baustoffe nach **Brandschutz-Klassen** gilt neben der DIN 4102-1 auch die EN 13501-1.

Tabelle 2: Zuordnung der bauaufsichtlichen Brandschutzklassen (Benennung von Baustoffen)

Nationale Klasse nach DIN 4102-1	Bauaufsichtliche Anforderungen	Euroklassen nach DIN EN 13501-1	Zusatzanforderungen	
			kein Rauch	kein brennendes Abfallen/Abtropfen
A1	nicht brennbar	A1	x	x
A2		A2 - s1, d0	x	x
B1 ^{*)}	schwer entflammbar	B - s1, d0 oder C - s1, d0 A2 - s2, d0 oder A2 - s3, d0 B - s2, d0 oder B - s3, d0 C - s2, d0 oder C - s3, d0 A2 - s1, d1 oder A2 - s1, d2 B - s1, d1 oder B - s1, d2 C - s1, d1 oder C - s1, d2 A2 - s3, d2 / B - s3, d2 / C - s3, d2	x x x x	x x x x
B2 ^{*)}	normal entflammbar	D - s1, d0 oder D - s2, d0 D - s3, d0 oder E D - s1, d1 oder D - s2, d1 D - s3, d1 oder D - s1, d2 D - s2, d2 oder D - s3, d2 E - d2		x x
B3 ^{**)}	leicht entflammbar ^{**)}	F ^{**)}		
<p>^{*)} Angaben über hohe Rauchentwicklung und brennendes Abtropfen/Abfallen im Verwendbarkeitsnachweis und in der Kennzeichnung</p> <p>^{**)} leicht entflammbare Baustoffe dürfen nicht verwendet werden. Dies gilt nicht, wenn sie in Verbindung mit anderen Baustoffen nicht mehr leicht entflammbar sind.</p>				

Legende

Rauchentwicklung		Brennendes Abtropfen	
Klasse		Klasse	
s1	gering	d0	kein
s2	mittel	d1	< 10 s
s3	hoch	d2	> 10 s

Unter dem Begriff **Eurocode 5** werden die Normen für die Bemessung und Konstruktion zusammengefasst. Hierzu gehören die DIN EN 1995-1-1 – 2010-12 und die DIN EN 14374. In diesen Normen werden u.a. Festigkeitsklassen auf der Grundlage von - Biegung - Zug parallel – Zug rechtwinkelig - Druck parallel – Elastizitätsmodule – und viele weitere Anforderungen dargestellt. Eine detaillierte Anwendung der Normen, eine Berechnung und ein Auswählen von Querschnitten geht in den Bereich der Holzbaustatik und kann in diesem Zusammenhang nicht weiter ausgeführt werden.

Die Beurteilung der **Feuchtigkeitsbeständigkeit** wird in der DIN EN 13986 anhand von **Nutzungsklassen (NKL)** vorgenommen.

Tabelle 3: Tabelle zur Einteilung der Nutzungsklassen (NKL 1 – NKL3) nach DIN EN 13986

Nutzungsklasse DIN EN 13986	NKL 1 Trockenbereich	NKL 2 Feuchtebereich	NKL 3 Außenbereich
Klima	Die NKL 1 ist gekennzeichnet durch einen Feuchtegehalt in den Baustoffen, der einer Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 65% übersteigt.	Die NKL 2 ist gekennzeichnet durch einen Feuchtegehalt in den Baustoffen, der einer Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 85% übersteigt.	Die NKL 3 erfasst Klimabedingungen, die zu höheren Feuchtegehalten führen als in Nutzungsklasse 2 angegeben. In Ausnahmefällen können auch überdachte Tragwerke in die Nutzungsklasse 3 eingestuft werden.

Teilweise werden Holzwerkstoffe mit einem Farbcode für die Nutzungsklassen gekennzeichnet. Dies geschieht in Form eines farbigen Balkens an der Plattenkante oder am Plattenstapel.

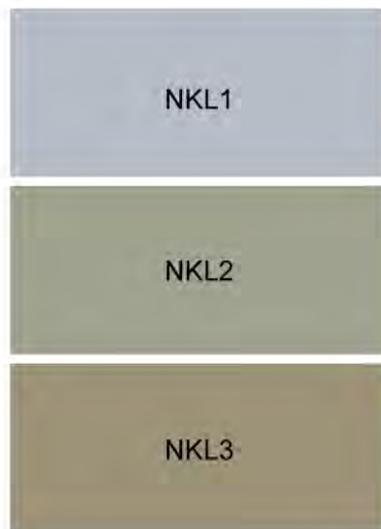


Abbildung 5: Farbliche Kennzeichnung der Nutzungsklassen

Mit der Einteilung in Nutzungsklassen, auf der Grundlage der DIN EN 13986 und der DIN EN 636 sind die Anforderungen neu definiert worden. Diese ersetzen viele ehemalige Bezeichnungen wie - IF- AW 100 - IW 67 – BFU 100 – BFU 100(G). Die nachfolgende Tabelle zeigt die Einordnung der alten Bezeichnungen in die neuen Nutzungsklassen. Der Buchstabe „G“ steht für eine allgemeine Verwendung ohne tragende Funktion und der Buchstabe „S“ für eine tragende Verwendung im Baubereich.

Tabelle 4: Einordnung alter Bezeichnungen in die neuen Nutzungsklassen

	Nutzungskl.1	Nutzungskl.2	Nutzungskl.3
Verwendungsbereich nach DIN EN 13986	Trockenbereich	Feuchtebereich	Außenbereich
Technische Klasse nach DIN EN 636	EN636-1/G (G = allgemeine Verwendung) EN636-1/S (S = tragend)	EN636-2/G (G = allgemeine Verwendung) EN636-2/S (S = tragend)	EN636-3/G (G = allgemeine Verwendung) EN636-3/S (S = tragend)
Alte Bezeichnung	IF 20, BFU 20	A 100, IW 67, WBP (BS) AW 100, BFU 100	AW100(G) BFU 100(G)

Das **CE-Kennzeichen** dokumentiert all die Anforderungen nach der entsprechenden DIN / EN Norm für diesen Baustoff und gibt dem Verarbeiter die notwendige Sicherheit beim Verbauen der Materialien. Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Beispiel für ein CE-Kennzeichen.

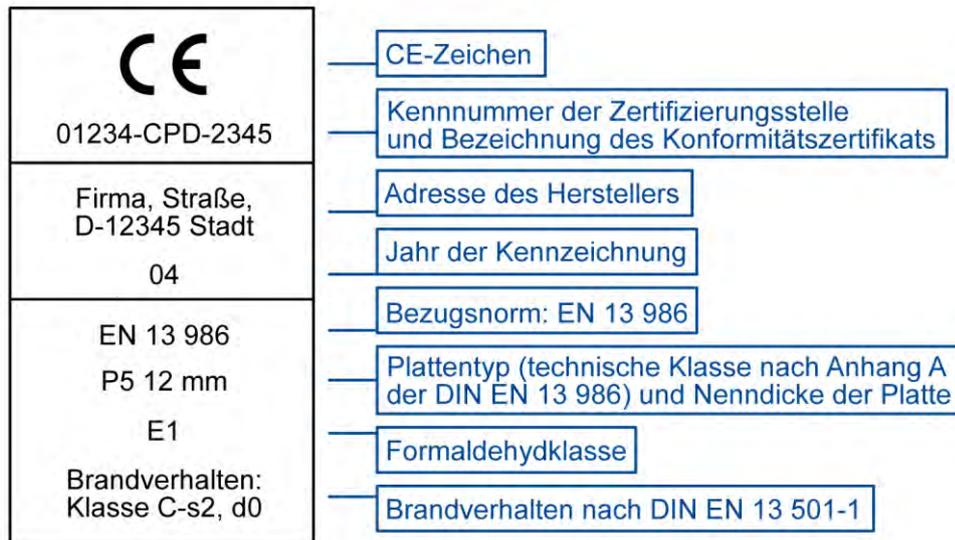


Abbildung 6: Beispiel CE-Kennzeichen

Das **Furnierschichtholz** (FSH / LVL) unterscheidet sich vom **Furnierstreifenholz** (PSL) durch die Abmessungen der verwendeten Furniere. Für FSH / LVL wird ca. 3 mm Schäl furnier zu Platten verpresst. Die Verklebung erfolgt mit Phenolharz, wobei der Faser verlauf parallel zur Längsrichtung ist.



Abbildung 7: Furnierschichtholz

Beim PSL werden Furnierstreifen von ca. 16-25 x 3 mm parallel zur Längsrichtung mit Phenolharz verklebt.



Abbildung 8: Furnierstreifenholz, © Karl Hölzerkopf (<https://www.hoelzerkarl.de>)

Furnierschichtholz und Furnierstreifenholz wird im Handel unter folgenden Marken (Auszug) angeboten:

Kerto® - Marke für LVL der metsawood.com

STEICO® LVL - Marke für LVL der steico.com

Microllam® LVL - Marke für LVL der weyerhaeuser.com

Parallam® PSL - Marke für PSL der weyerhaeuser.com

BauBuche® - Marke aus Buche der pollmeier.com



Abbildung 9: Parallam® (Furnierstreifenholz), © Weyerhaeuser NR Company

Der Faserverlauf beim LVL ist größtenteils zur Längsrichtung ausgerichtet. Zur Verbesserung bestimmter Eigenschaften werden auch einzelne Lagen quer eingebaut. Beim PSL ist der Faserverlauf immer in Längsrichtung ausgerichtet. Furnierschichtholz und auch Furnierstreifenholz wird in der Regel aus Nadelholz und oft auch aus amerikanischen Hölzern wie Yellow Pine hergestellt. Eine Ausnahme ist die Marke „BauBuche“ von der Firma Pollmeier, hier wird anstelle von Nadelholz Buche verwendet.

Neben den hervorragenden Möglichkeiten von LVL und PSL für tragende Bauteile hat dieses Produkt weitere interessante Aspekte:

Hohe Tragfähigkeit bei schlanken Dimensionen, bedingt durch die besseren Festigkeitswerte der Buche

Geeignet für große Spannweiten

Außergewöhnliche Oberflächengüte besonders für sichtbare Bauteile

Regionaler Rohstoff

LVL- und PSL-Produkte werden in sehr vielen Abmessungen, zusammengesetzten Querschnitten (z.B. T-Träger) und auch als Platten angeboten. Nachfolgend einige Beispiele:

BauBuche Überblick



Platte S und Platte Q

Träger aus Platte S

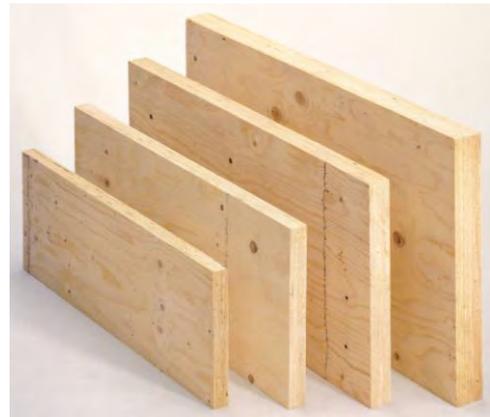
Träger GL75

Paneel

Abbildung 10: Beispiele für BauBuche® (LVL), © Pollmeier Massivholz GmbH & Co.KG



Kerto LVL



LVL S-beam



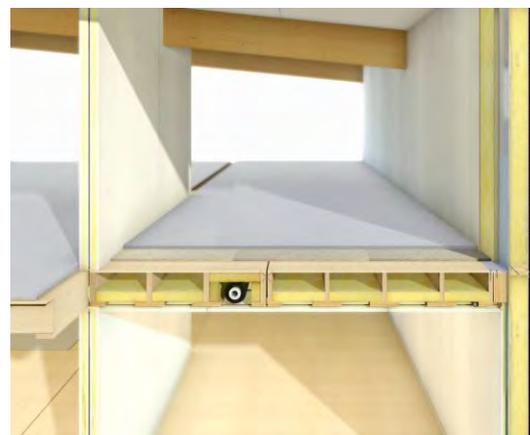
Kerto LVL Qp-beam



LVL Q-panel & LVL S-beam



Kerto LVL T-stud



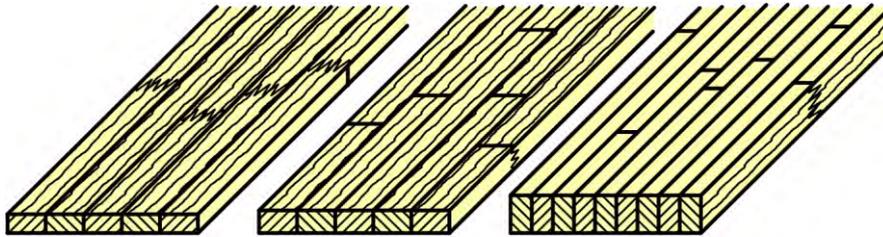
LVL-Element

Abbildung 11: Beispiele für Furnierschichtholz (LVL-Produkte), © Metsä Wood (Kerto), Metsä Group

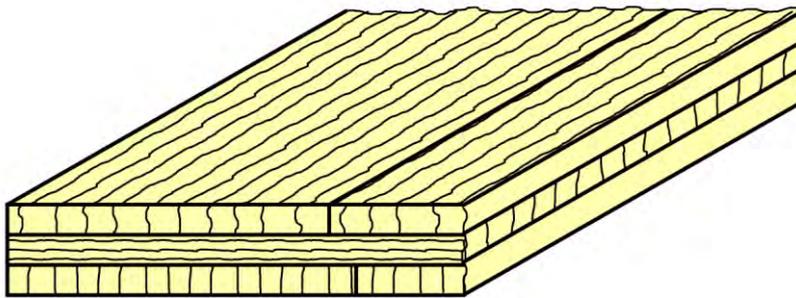
1.1.2 Eigenschaften und Verwendung von besonderen Lagenhölzern

In diesem Abschnitt geht es im Wesentlichen um Lagenhölzer aus Massivholz. Zum einen wird der Bereich der **Möbelbauplatten** und zum anderen der Bereich **Brettschichtholz** und **Balkenschichtholz** für den Baubereich betrachtet.

Der Trend zu Massivholzmöbeln verlangt nach großflächigen Werkstoffen, die sich industriell verarbeiten lassen und dennoch uneingeschränkt als Massivholz bezeichnet werden dürfen. Die **Möbelbauplatten** aus Massivholz werden diesem Trend auf Grund ihres natürlichen Erscheinungsbildes gerecht. Massivholzplatten lassen sich in stabverklebte Massiv-Holzplatten (**Leimholzplatten**) und **Mehrlagen-Massivholz** einteilen.



Leimholzplatten aus fugenverklebten Stäben, keilgezinkt



Mehrlagen-Massivholz

Abbildung 12: Leimholzplatten und Mehrlagen-Massivholz

Leimholzplatten sind in der Regel aus keilgezinkten Lamellen hergestellt. Dies ermöglicht einen ökonomischen Einsatz des Rohmaterials. Am Markt werden aber auch Leimholzplatten mit durchgehenden Lamellen angeboten. Eine typische Anwendung hierfür sind Tischplatten. Bei der Verwendung von durchgehenden Lamellen fallen verständlicherweise größere Mengen von Reststücken an, daher sind diese Platten wesentlich teurer. Leimholzplatten werden oft aus stärkerem Rohholz (52 / 65 mm) hergestellt. Besonders das 52 mm Schnittholz ist handelsüblich und in allen Holzarten verfügbar. Wird z.B. 52 mm Schnittholz mit besonders dünnen Sägeblättern auf 23 mm hochkant aufgetrennt, kann aus diesen Lamellen eine 19 mm Leimholzplatte gefertigt werden. Aus dem gleichen Schnittholz kann aber auch durch Auftrennen von 26 mm starken Lamellen, eine 22 mm Leimholzplatte erzeugt werden (siehe Abbildung). Die Zugabe für die Rohlamelle ist hier mit 4 mm gerechnet. Diese Zugabe ist abhängig von der vorhandenen Maschinenteknik und den Qualitätsanforderungen an die Oberfläche. Üblich sind Zugaben von 3-7 mm. Bei der industriellen Herstellung sind die Faktoren Sägeblattstärke und Zugabe wesentliche Parameter für den wirtschaftlichen Erfolg. Durch diese Technik ergeben sich die üblichen Lamellenbreiten von ca. 50 mm bei der fertigen Platte. Angeboten werden am Markt auch Lamellenbreiten ab 30 mm. Diese Lamellenbreiten sind ein guter Kompromiss aus Optik, Verzugseigenschaften und wirtschaftlicher Herstellung.

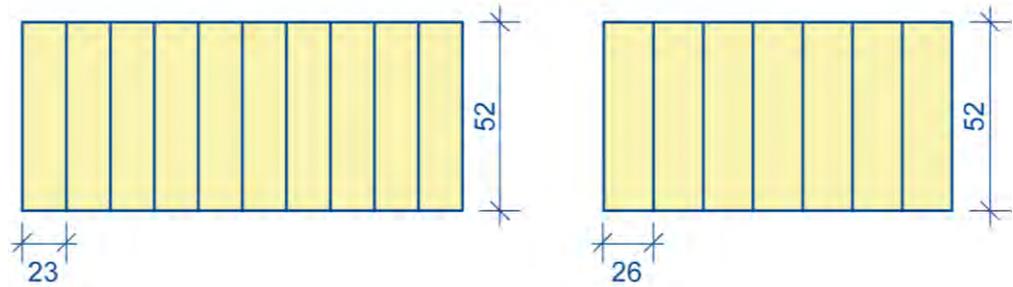


Abbildung 13: Auftrennen von 52 mm starkem Schnittholz in verschieden starke Lamellen

Beim Auftrennen der Schnitthölzer werden im gleichen Arbeitsgang die Oberseite und Unterseite abgerichtet und gehobelt. Diese Flächen bilden dann die Leimflächen für die fertige Platte. In weiteren Arbeitsgängen werden, je nach Qualitätsanforderungen, Fehlstellen herausgeschnitten und die Lamellen mit Keilzinken der Länge nach verbunden. Diese Endlosstränge können dann auf das Fertigmaß (incl. Bearbeitungszugabe) abgelängt werden. Die Keilzinken verbessern die Verleimung im Stirnholzbereich und das Zusammenfügen der Lamellen. Ein exaktes Zusammenfügen in der Länge verringert die Zugabe für den Verschnitt erheblich. Das Verpressen der Lamellen zu Platten erfolgt, je nach Grad der industriellen Herstellung, durch vertikale oder horizontale Pressen. Die nachfolgende Abbildung zeigt Beispiele für Pressen. Die verleimte Platte wird dann in der Regel auf Breitbandschleifmaschinen in mehreren Durchläufen beidseitig geschliffen und kalibriert (Kalibrieren = auf ein genaues Maß bringen). Die geschliffene Platte erhält danach ihr endgültiges Format und wird häufig zur Verhinderung von Feuchteaufnahme in Folien verpackt.



Abbildung 14: handwerkliche vertikale Presse, Lamellierpresse © Maschinenfabrik Rudolf Schöberl Ges.m.b.H. & Co.KG., Austria



Abbildung 15: industrielle horizontale Pressenanlage, © Robert Bürkle GmbH

Die normgerechte Bezeichnung dieser Platten ist „Vollholzplatten SWP“ (Solid wood panels). Übergeordnet für Vollholzplatten ist die DIN EN 13353 zuständig und die DIN EN 12775 für die einlagigen Massivholzplatten (Leimholzplatten). Angeboten wird eine Vielzahl von Abmessungen, wobei die Stärken 18 / 21 / 27 sehr gängig sind.

Beim **Mehrlagen-Massivholz** auch als Brettsperrholz (BBS) bezeichnet sind mindestens 3 Lagen Massivholz zu Platten verpresst. Der Aufbau ist genau wie beim Furniersperrholz abgesperrt (Mittellage um 90° gedreht), wobei die Abgrenzung zum Furniersperrholz die Dicke der Schichten ist. Für Möbelbauplatten sind Schichtdicken um 7 mm üblich für den Baubereich gibt es auch größere Stärken um die 20 mm. Die Herstellung erfolgt häufig wie Schnittholz, mit Sägewerkstechnik. Angeboten werden auch Mehrschichtplatten mit einer stärkeren Mittelschicht und dünneren Deckschichten. Bei der Herstellung hat die Stärke der Sägeblätter natürlich einen erheblichen Einfluss auf den Verschnitt. Um mit sehr dünnen Sägeblättern zu arbeiten, werden diese in Dünnschnittgatterrahmen (siehe nachfolgende Abbildung) eingespannt. Aufgrund der Zahngeometrie, der kurzen Länge der Sägebänder und der Einspannung in Gatterrahmen werden dünne Schnittfugen mit hoher Schnittgenauigkeit erreicht.



Abbildung 16: Dünnschnitt-Sägeblätter, © WINTERSTEIGER AG, Austria



Abbildung 17: Dünnschnittgatterrahmen, © WINTERSTEIGER AG, Austria

Damit eine Schnittfugenbreite von ca. 1.4 mm erreicht werden kann, ist die Schnitthöhe begrenzt. Eine Schnitthöhe von ca. 20 cm ergibt wirtschaftlich herstellbare Lamellen und eine sehr schöne Zusammenstellung für die fertige Platte. Der große Vorteil dieser Platten ist der Massivholzcharakter der Deckschichten. Im Gegensatz zu Leimholzplatten entstehen durch die bis zu 20 cm breiten Lamellen ein traditionelles Massivholzbild. Für die Großserienherstellung dieser Platten gibt es auch eine Maschinenteknik, bei der feuchte Holzstämmen auf ca. 20 cm Stärke zugeschnitten werden und dann ähnlich wie bei der Furnierherstellung auf ca. 7 mm gemessert werden. Der Vorteil liegt in dem Wegfall des Verschnittes durch die Schnittfuge. Diese Technik erfordert sehr schwere und aufwendige Sondermaschinen und wird daher für die Massenproduktion bestimmter Holzarten eingesetzt.

Die fertigen Lamellen werden kalibriert und nach Mittellage und Decklagen sortiert. Da die Mittellage als Fläche nicht sichtbar ist, können hierfür Lamellen mit Holzfehlern verpresst werden. Das Verpressen der Lamellen in der Breite und das Verpressen der einzelnen Schichten erfolgt in horizontalen Pressanlagen. Die Platten werden nach der Verpressung konditioniert (Ausgleich und Anpassung der Feuchte), geschliffen, formatiert und verpackt.

Ein Nachteil gegenüber der Leimholzplatte ist die Optik der Kante. Die Kante hat, bedingt durch das Absperren, eine Art Multiplex-Optik. Diese kann mit Massivholzlanleimern belegt werden, oder bewusst als Designmerkmal verbaut werden. Die Mehrlagen-Massivholz-Platten können in 2 Gruppen eingeteilt werden:

Möbelbauplatten

Bau- und Ausbauplatten

Weit verbreitet und auch recht preisgünstig sind die **Möbelbauplatten** als 3-Schichtplatte in Fichte. Diese Platten haben gegenüber dem Furniersperrholz eine sehr gute Formstabilität, auch bei großen Abmessungen. Über den Holzfachhandel werden auch 3-Schichtplatten in sehr vielen anderen Holzarten angeboten. Es gibt zudem Sonderausführungen in künstlich gealtertem Holz, trendige rustikale Sortierungen, mit Oberflächenstrukturierungen oder Zusammenstellungen mit echtem Altholz.

Mehrlagen-Massivholzplatten werden auch als **Bau- und Ausbauplatten** bis zu 60 mm Stärke angeboten. Für die Anwendung im Baubereich gelten die gleichen Anforderungen wie beim Furnierschichtholz bereits beschrieben. Es sind die Nutzungsklassen der Feuchtebereiche und die CE-Kennzeichnung zu beachten. Die Verbauung der Platten erlaubt bauphysikalisch, baubiologisch und optisch ansprechende Wohn- und Bürobauten. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine moderne Gestaltung mit Mehrlagen-Massivholzplatten.



Abbildung 18: Bürobau mit Mehrlagen-Massivholzplatten, © Michael Baumgartner | KiTO

Brettschichtholz und **Balkenschichtholz** werden neben Vollholzbalken im Bau- und Ausbaubereich für tragende Teile verwendet. Für die Herstellung und Verwendung gilt die Norm DIN EN 14080. Weitere Normen werden unter dem Begriff „Eurocode 5“ beschrieben. Unter der eingetragenen Marke **KVH®** werden besonders geprüfte und zertifizierte Vollholzbalken angeboten. Diese haben eine max. Holzfeuchte von 15-18 % und haben durch weitere Qualitätsmerkmale große Vorteile bei der Verwendung im Baubereich. Bedingt durch eine gehobelte Oberfläche und die Einhaltung der Holzfeuchte sind diese Balken ideal für den sichtbaren Einsatz im Wohnbau. Für größere Längen wird KVH oft auch in der Länge mit Keilzinken verleimt angeboten.

Balkenschichtholz wird im Markt der Einfachheit halber auch als Leimholz bezeichnet. Für Balkenschichtholz werden mindestens zwei Einzellamellen zu einem Gesamtquerschnitt verklebt und durch 4-seitiges Hobeln kalibriert. Als Holzart kommt hauptsächlich die Fichte zur Anwendung, möglich sind auch der Einsatz von Tanne, Kiefer, Lärche und Douglasie. Für den Baubereich gelten die gleichen Anforderungen an Brandschutz, Festigkeit und die Kennzeichnung mit CE-Kennzeichen wie bereits beim Furnierschichtholz beschrieben. Für Balkenschichtholz gilt zum Beispiel die Brandschutzklasse „D-s2,dO“ „normal entflammbar“ auf Grundlage der DIN EN 13501. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Einblick in relevanten Technische Eigenschaften:

Tabelle 5: Technische Eigenschaften von Balkenschichtholz

Technische Eigenschaften	Balkenschichtholz
Holzarten	Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Douglasie
Festigkeitsklasse / Sortierklasse	C24 / S 10
Holzfeuchte	≤ 15%
Rechenwert der Quell- und Schwindmaße	0,24% pro 1% Holzfeuchteänderung
Baustoffklasse nach DIN EN 13501	D-s2, d0
Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit λ	0,13 W / (mK)
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ	40

Typische Abmessungen für Balkenschichtholz zeigt die folgende Tabelle:

Tabelle 6: Handelsübliche Abmessungen für Balkenschichtholz

Breite (mm)	Höhe (mm)							
	100	120	140	160	180	200	220	240
60	X	X	X	X	X	X	X	X
80	X	X	X	X	X	X	X	X
100	X	X	X	X	X	X	X	X
120		X		X	X	X	X	X
140			X	X	X	X	X	X
160				X		X	X	X
180					X	X	X	X
200					X	X	X	X
240								X

Brettschichtholz besteht aus mehr als zwei mit ihren Breitseiten waagrecht übereinander verleimten Einzelbrettern. Die Abgrenzung zu Balkenschichtholz ist nicht immer eindeutig gegeben. Unter dem Begriff Brettschichtholz werden, genau wie beim Balkenschichtholz, auch Standard-Querschnitte und Lagerware angeboten. Bei den hier angebotenen Querschnitten sind größere Querschnitts-Höhen, sowie größere Längen als beim Balkenschichtholz üblich. Die klassische Anwendung von Brettschichtholz sind individuell hergestellte Querschnitte auf Grundlage von statischen Berechnungen.



Abbildung 19: Individuell hergestellte und berechnete Brettschichtholz-Leimbinder, © binderholz

Als Holzarten werden Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche und Douglasie verwendet. Die Fichte ist das Standardholz, die anderen Holzarten meist nur auf Sonderbestellung zu bekommen. Die üblichen Lamellenstärken sind 33 und 40 mm. Die Herstellung von Standard-Querschnitten ist vergleichbar mit der Herstellung von Leimholzplatten. Grundlage sind Lamellen, die in großen Durchlauf-Bearbeitungsstraßen mit automatischen horizontalen Pressen verleimt, gehobelt und abgelängt werden.

Die Herstellung von individuellen und berechneten Brettschichtholz-Leimbinder ist eine andere Technologie. Oft sind die Querschnitte in der Höhe sehr groß (bis 200 cm ist Standard, bis 300 cm teilweise möglich), die Binder sind bogenförmig verleimt, über die Länge mit wechselnden Querschnitten versehen und durch die Größe sehr schwer. Der veränderte Querschnitt innerhalb einer Binderlänge ermöglicht genau die statischen Erfordernisse zu berücksichtigen. Der Ablauf bei der Herstellung kann wie folgt beschrieben werden:

- Technische Trocknung der Rohware
- Festigkeitssortierung
- Herausschneiden von Fehlstellen
- Herstellen von Endlossträngen durch Keilzinkenverbindung
- Hobeln der Lamellen
- Klebstoffauftrag
- Verpressen der Lamellen
- Hobeln der Rohlinge
- Zusätzliche Bearbeitung / Abbund
- Verpackung und Verladung

Für die normgerechte Herstellung ist eine **technische Trocknung** von ca. 12 % erforderlich. Nach dem Vorhobeln der Lamellen werden diese visuell und auch maschinell nach **Festigkeitsanforderungen** sortiert. Für die äußeren Lamellen gibt es höhere Anforderungen an die Holzqualität, als bei den in der Mitte angeordneten Lamellen. Bei den mittleren Lamellen können Holzfehler teilweise verwendet werden, bei den äußeren Lamellen werden die **Fehlstellen herausgeschnitten**. Die sortierten und abgelängten Lamellen werden durch **Keilzinkenverbindung** zu Endlossträngen verleimt und anschließend auf **Fertigmaß gehobelt**.

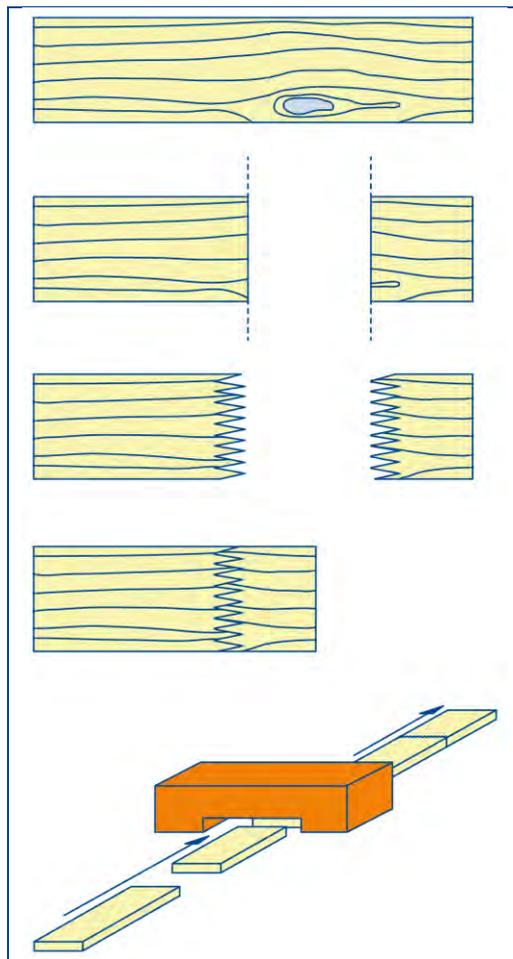


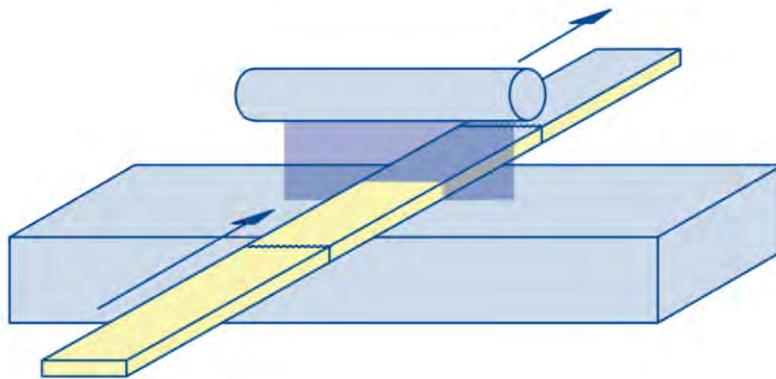
Abbildung 20: Keilzinkenverbindungen in Brettschichtholz

Herauskappen von Ästen und Fehlstellen

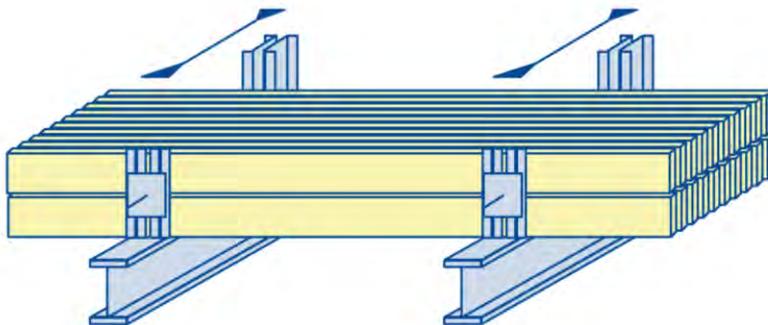
Brettabschnitte mit festigkeitsmindernden oder unansehnlichen Wuchsabweichungen wie z.B. große Äste, Harzgallen oder Rindeneinschlüsse werden je nach Festigkeits- und Oberflächenklasse ggf. ausgekappt.

Durch eine fingerförmige kraftschlüssige Klebeverbindung (**Keilzinken**) werden die einzelnen Bretter in Längsrichtung zu im Prinzip endlos langen Lamellen gestoßen.

Für den **Klebstoffauftrag** werden Durchlaufmaschinen mit einem „Vorhang“ aus Klebstoff verwendet (siehe nachfolgende Abbildung). Das **Verpressen** und Verleimen der Lamellen erfolgt in Pressvorrichtungen mit hydraulischen Spannvorrichtungen. Diese Spannvorrichtungen sind auf Schienen im Hallenboden angebracht und können entsprechend der Leimbinderform verschoben werden. Diese Vorrichtung wird als Pressbett bezeichnet. Aufgrund der Größe und dem Gewicht der Leimbinder werden Krananlagen für den Transport der vorbereiteten Lamellen und kompletten Trägers verwendet.



Klebstoffauftrag



Brettchichtholz (BS-Holz) im Pressbett

Abbildung 21: Prinzipzeichnung Klebstoffauftrag und Pressbett

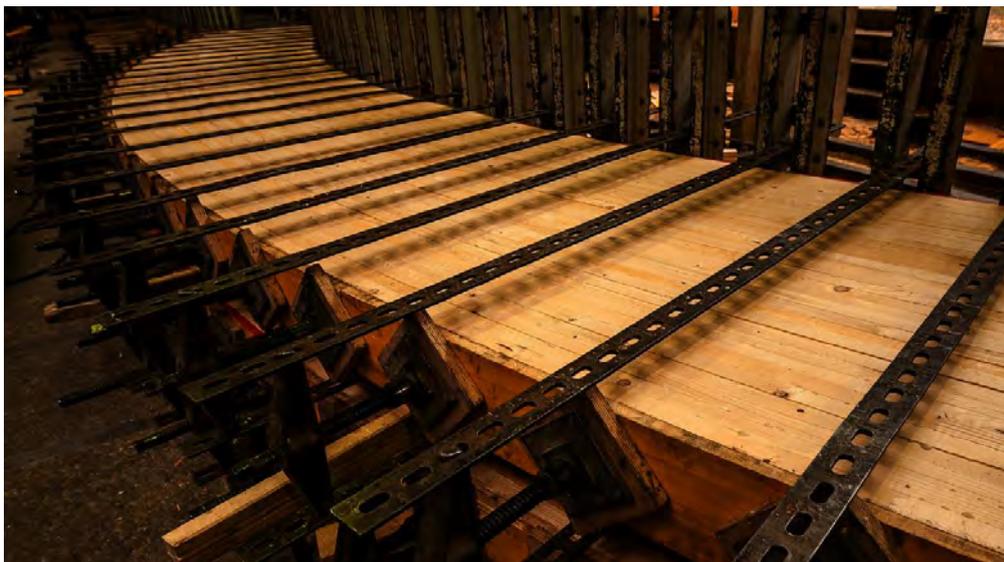


Abbildung 22: Herstellung von Brettchichtholz (Pressbett), © Mayr-Melnhof Holz (MM Holz)

Das **Hobeln** der Flächen erfolgt mit riesigen Spezialhobelmaschinen, die im Prinzip wie eine Dickthobelmachine aufgebaut sind. Der komplette **Abbund**, also die Vorbereitung der Leimbinder mit Ausklinkungen, Bohrungen und sonstigen Bearbeitungen, wird im Anschluss nach dem Aushärten der Verleimungen direkt im Herstellerwerk vorgenommen. Eine sehr rationelle Maschinenteknik sind hierfür Portal-Bearbeitungszentren. Aufgrund der großen Bearbeitungswege sind diese Maschinen, mit im Hallenboden eingebauten Schienen, ideal für den kompletten Abbund.



Abbildung 23: Portal-Bearbeitungszentrum für den Abbund von Leimbindern

Bei der Gestaltung und Dimensionierung von Brettschichtholz werden von den Planern oft die max. Abmessungen ausgenutzt. Die Grenzen werden durch die Bearbeitung im Werk und besonders auch durch die Verpackung und den **Transport** bestimmt.

2 Modul 2 LSK 3: „Massivholz und Bambus“

2.1.1 Eigenschaften des Holzes

2.1.1.1 Rohdichte und Härte des Holzes

Rohdichte

Holz ist ein Werkstoff mit Hohlräumen (Zellen) und ist daher ein poriger Stoff. Die Rohdichte eines porigen Stoffes ist das Verhältnis von Masse zu Volumen einschließlich aller Hohlräume. Der Anteil von Zellwand zu Zelllumen in den einzelnen Hölzern ist die bestimmende Größe.

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right]$$

Die Rohdichte für Holz liegt je nach Zellwandanteil zwischen 0,1 (Balsa) und 1,3 g/cm³ (Pockholz). Der Wert von 1,3 g/cm³ entspricht 1300 kg/m³.

Der Feuchtigkeitsgehalt wirkt sich ebenfalls 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

Eine angenäherte Umrechnung der Dichte bei verschiedenen Holzfeuchten kann mithilfe des Schaubildes nach Kollmann erfolgen.

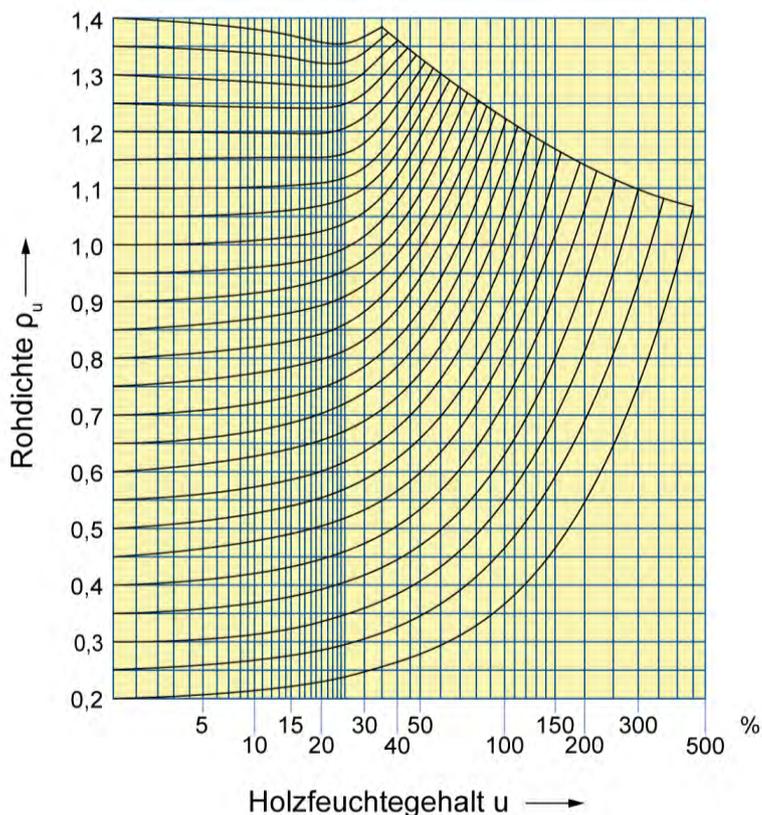


Abbildung 24: Kollmann Diagramm

Beispiel für das Ablesen nach dem Kollmann Diagramm:

Die Fichte hat eine Rohdichte im darrtrockenen Zustand von $0,43 \text{ kg/dm}^3$. Dieser Wert wird in der vertikalen Achse markiert und bestimmt damit die Kurve für den Rohdichteverlauf in Abhängigkeit der Feuchte. In der horizontalen Achse kann beispielsweise der Wert für 12 % oder für 30% markiert werden. An der Stelle wo eine vertikale Linie auf die Kurve trifft, kann auf der vertikalen Achse der entsprechende Rohdichtewert abgelesen werden. Für das Beispiel Fichte kann der 12% Wert bei ca. $0,46 \text{ kg/dm}^3$ und der 30% Wert bei ca. $0,5 \text{ kg/dm}^3$ abgelesen werden.

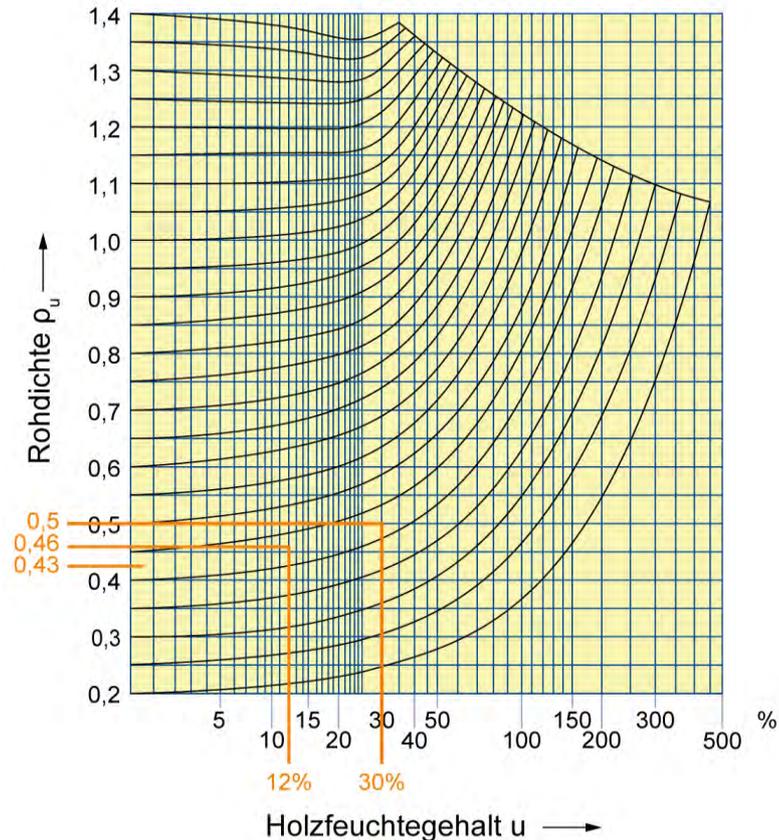


Abbildung 25: Ablesebeispiel für Fichte

Prof. Kollmann ist ein sehr renommierter Holzforscher gewesen und hat wesentliche Grundlagen zur Holzphysik erforscht und dokumentiert, daher wird das Kollmann Diagramm auch vielfach in Lernunterlagen, wie auch hier, verwendet. Für einen Holzbalken aus Fichte könnte über dieses Diagramm die Veränderung des Gewichtes bei einer gemessenen Holzfeuchte von 30% berechnet werden. Da in der Praxis aber keine genaue Rohdichte für diesen Balken vorliegt, ist auch die Gewichtsberechnung nur annähernd möglich. Der Rohdichtewert für Fichte liegt im Bereich von $0,4 - 0,5 \text{ kg/dm}^3$ im darrtrockenen Zustand. Durch die starke Schwankung der Rohdichtewerte, können die Ablesewerte der Tabelle, auch nur grobe Richtwerte bieten.

Interessant ist der Verlauf der Rohdichtekurven mit der zunehmenden Dichte des Holzes. Es ist deutlich zu erkennen, dass mit zunehmender Rohdichte die Kurven flacher werden und somit für schwere Hölzer der Einfluss auf die Rohdichte durch Feuchtigkeit abnimmt.

Die Rohdichte ist nicht nur zwischen den Holzarten unterschiedlich; auch innerhalb einer Holzart und innerhalb eines Stammes unterliegt sie beträchtlichen Schwankungen. Die Rohdichte wird durch folgende Faktoren beeinflusst:

Anteil von Früh- und Spätholz innerhalb eines Jahrringes: die Rohdichte steigt mit zunehmendem Spätholzanteil

Jahrringbreite: bei Nadelhölzern sinkt bei breiteren Jahrringen der Anteil des dichteren Spätholzes, die Dichte nimmt ab. Bei Laubhölzern steigt die Dichte vor allem bei Ringporenern, wie Eiche und Esche mit zunehmender Jahrringbreite.

Lage im Querschnitt: auch hier ist die Jahrringbreite entscheidend. Im Allgemeinen liegen die breiten Jahrringe innen und die schmalen außen.

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

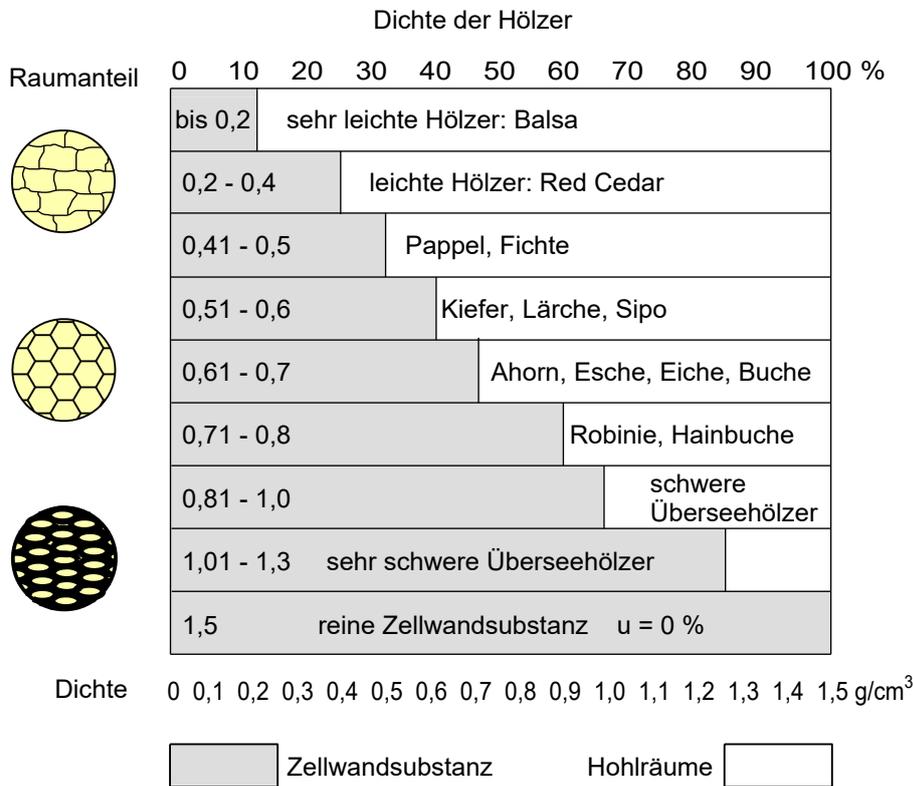


Abbildung 26: Rohdichte einiger Holzarten

Wärmeleitfähigkeit

Ein weiterer Aspekt ist auch der Einfluss der Rohdichte auf die Wärmeleitfähigkeit des Holzes. Je höher die Rohdichte, desto größer ist auch die Wärmeleitfähigkeit. Für den wichtigen Bereich bis etwa 800 kg/m³ steigt die Wärmeleitfähigkeit mit der Rohdichte linear an. Nachfolgend zwei Beispiele für Rohdichte und Wärmeleitfähigkeit.

Fichte Rohdichte ρ_0 0,43 g/cm³ Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$

Eiche Rohdichte ρ_0 0,66 g/cm³ Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$

Härte

Als Härte des Holzes ist der Widerstand zu sehen, den das Holz dem Eindringen fremder Körper in seine 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 Hirnholzparkett genutzt. Unterhalb Fasersättigung ist die Härte wie die Festigkeiten holzfeuchteabhängig; sie nimmt mit steigender Holzfeuchte ab.

Die Bestimmung der Härte erfolgt nach unterschiedlichen Methoden. Bei der Härtebestimmung nach Brinell (H_B) wird eine Stahlkugel mit definierter Kraft in das Holz ($u = 12\%$) gedrückt. Aus der Eindruckfläche ergibt sich die Brinellhärte. Nachfolgend eine nicht genormte grobe Einteilung:

Weichholz	bis ca. 20 N/mm ²	(Fichte, Kiefer, Linde)
Mittelhartes Holz	21 – 30 N/mm ²	(Erle, Ulme, Meranti, Kirsche)
Hartes Holz	31 – 88 N/mm ²	(Eiche, Buche, Esche)

Von den bekannten Holzarten ist Balsa mit ca. 2 N/mm² das weichste und das Pockholz mit 88 N/mm² das härteste Holz. Mit zunehmender Holzfeuchte nimmt die Härte nach Brinell stark ab. Wird die Härte bei 0% Holzfeuchte mit 100 % angesetzt, hat das Holz bei 30% Holzfeuchte nur noch 30% der Brinellhärte. Dies ist bei allen Holzarten nahezu gleich.

2.1.1.2 Elastizität und Festigkeit 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 tatsächlichen 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 Wegnahme 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 aufgetragenen 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 aufgetragenen 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.

der Rohdichte: mit Zunahme der Rohdichte steigt der E-Modul.

der Holzfeuchte: mit zunehmender Holzfeuchte im hygroskopischen Bereich (Darrzustand bis Fasersättigung) sinkt der E-Modul.

der Temperatur: mit zunehmender Temperatur sinkt der E-Modul.

Tabelle 7: E-Modul einiger Holzarten

Elastizitätsmodul in N/mm ²	in Faserrichtung	quer zur Faser
Nadelhölzer	10000	300
Lärche	18000	300
Eiche	13000	600
Buche	14000	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.

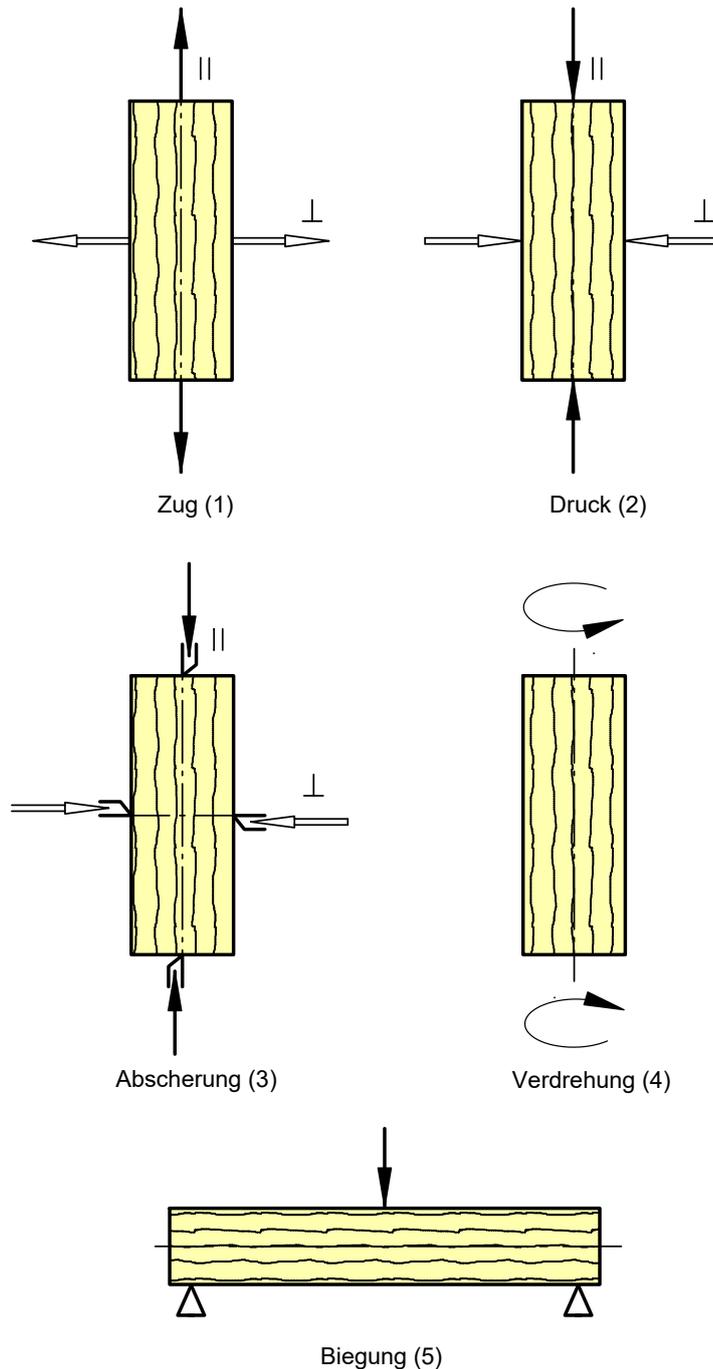


Abbildung 27: Belastungsfälle

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. Im Möbelbau sind die Belastungsfälle Biegung und Abscherung besonders zu berücksichtigen.

Biegefestigkeit

Die Beanspruchung auf Biegung ist die häufigste Beanspruchung bei Möbeln (Zargen, Böden, Platten) und 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.

der Temperatur: in Zusammenhang mit hoher Feuchte nimmt die Biegefestigkeit erheblich ab, was bei der Vorbereitung von Biegeholz durch Dämpfen ausgenutzt wird.

Beispielberechnung Durchbiegung eines Regalbodens

Da die Beanspruchung auf Biegung in der Holztechnik sehr häufig vorkommt, soll diese beispielhaft für alle Belastungsfälle mit einem Berechnungsbeispiel erläutert werden. Als Beispiel dient ein Regal ohne Rückwand mit festverleimten Zwischenböden. Abmessungen Regal / Tabellenwerte:

Bodenbreite:	1162 mm
Bodentiefe:	320 mm
Bodenstärke:	16 mm
Holzart:	Fichte Massivholz
Belastung:	Flächenlast mit Aktenordner $1700 \text{ N/m}^2 = 170 \text{ kg/m}^2$
Elastizitätsmodul:	Fichte 10000 N/mm^2
Elastizitätsmodul:	Buche 14000 N/mm^2

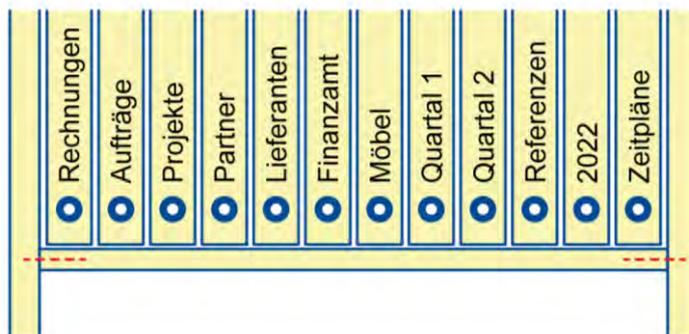


Abbildung 28: Regalboden mit Belastung durch Aktenordner

Errechnet werden soll die Durchbiegung bei 16 mm Fichte und als Vergleich die Durchbiegung bei Verwendung von Buche.

Einfluss auf die Durchbiegung haben:

Elastizitätsmodul (E)

Trägheitsmoment (I) / Querschnitt

Belastung

Regalbodenlänge

Formel zur Berechnung der Durchbiegung für **fest eingespannte** Böden f:

$$f = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

Formel zur Berechnung der Durchbiegung für **aufliegende** Böden f:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

Für den Möbelbereich können verdübelte und festverleimte Zwischenböden mit der Formel für „fest eingespannte Böden“ und Einlegeböden auf Bodenträger mit der Formel für „aufliegende Böden“ berechnet werden.

f = Durchbiegung in (mm)

q = (Flächenlast $1700 \text{ N/m}^2 = 0,0017 \text{ N/mm}^2$) · 320 mm = **0,544 N/mm**

I = Querschnittsbedingtes Trägheitsmoment

$$I = b \cdot h^3 / 12 = 320 \text{ mm} \cdot (16 \text{ mm})^3 / 12 = 109227 \text{ mm}^4$$

L = Regalbodenlänge **1162 mm**

E = Elastizitätsmodul Tabellenwert **10000 N/mm²**

$$f = \frac{0,544 \text{ N/mm} \cdot (1162 \text{ mm})^4}{384 \cdot 10000 \text{ N/mm}^2 \cdot 109227 \text{ mm}^4}$$

Fichte f = 2,4 mm

Buche f = 1,7 mm

Der 16 mm Boden in Fichte biegt sich 2,4 mm durch. Verändern wir das Elastizitätsmodul auf 14000 N/mm^2 für die Verwendung von Buche, reduziert sich die Durchbiegung auf 1,7 mm. Gerade für Massivholz ist natürlich die Belastung in Faserrichtung oder quer zur Faser entscheidend. Würde ein Regalboden mit Faserrichtung quer verbaut, reduziert sich das Elastizitätsmodul bei Fichte auf ca. 300 N/mm^2 und in Folge die Durchbiegung auf 78 mm, welche dann zum Bruch führt.

Dieses Beispiel zeigt sehr deutlich den Einfluss der Holzarten auf die Durchbiegung und soll dem Techniker (m/w/d) ein Gefühl für diese Werte vermitteln. Es wird auf die Erläuterung und Herleitung der Formel verzichtet, dies wird in den Lernskripten zur Statik erfolgen.

Scherfestigkeit

Die Scherfestigkeit ist der Widerstand des Holzes gegen 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. Senkrecht zur Faser (z.B. Belastung von Dübelverbindungen) ist die Scherfestigkeit drei- bis viermal so groß wie parallel zur Faser. Beim Verkeilen, Graten und beim Versatz treten die Scherkräfte parallel zur Faser auf, daher ist eine ausreichend große Scherfläche einzuplanen, weil sonst die Fasern abscheren.

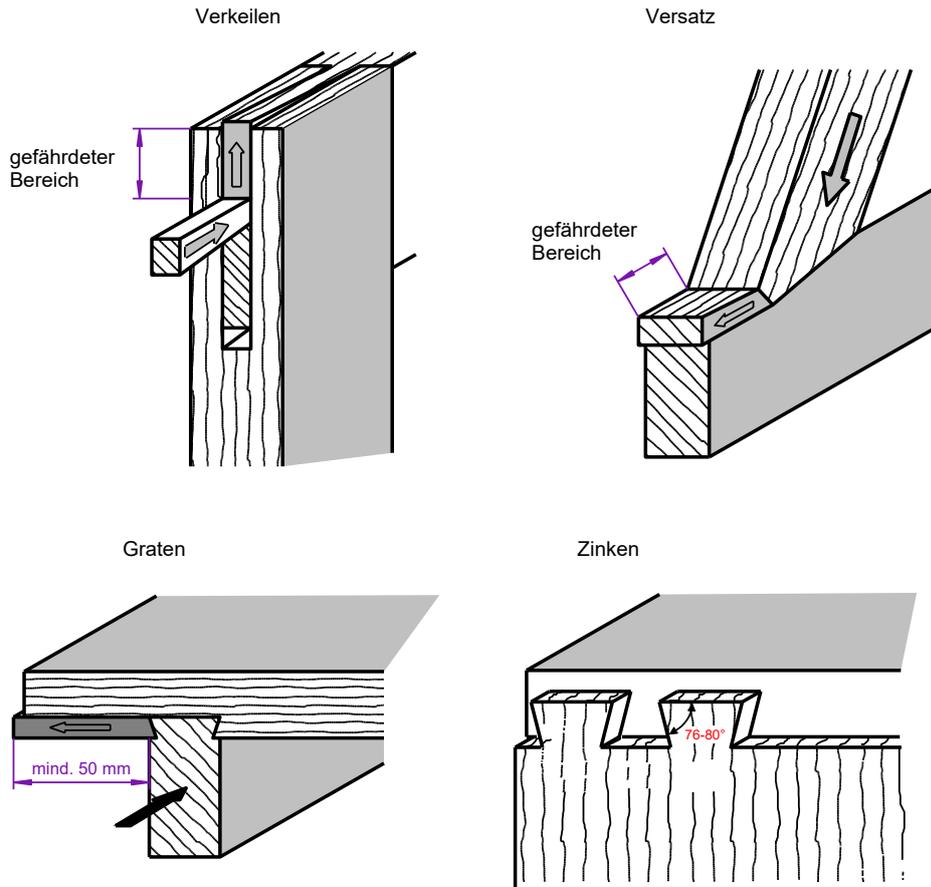


Abbildung 29: Scherbeanspruchung

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 %. Querzugbeanspruchungen 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 im Bereich von 3 % bis Fasersättigung. Die Zugfestigkeit hat bei Möbeln und Innenausbauten nur eine geringe Bedeutung.

Bei der Verwendung von Holzleimbindern (Brettschichtholz) werden diese Eigenschaften besonders gut ausgenutzt. Die Ästigkeit wird durch Verteilung der Holzfehler auf viele Schichten verringert und diese Träger werden auf Zug und Druck belastet. Quer zur Faser werden diese Träger kaum belastet.

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 8-fache druckfester als quer zur Faser. Die Druckfestigkeit ist im darrtrockenen Zustand am größten und nimmt mit steigender Holzfeuchte bis zur 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. Sie tritt z.B. bei Stuhlbeinen durch Verdrehung beim Sitzen auf.

Tabelle 8: Mechanische Eigenschaften der europäischen Bauhölzer bei u = 12 %

Holzart	E-Modul N/mm ²	Druck- Festigkeit N/mm ²	Zug- Festigkeit N/mm ²	Biege- Festigkeit N/mm ²	Scher- Festigkeit N/mm ²
Fichte ⊥	10000 300	43 5,8	90 2,7	66 -	6,7 -
Kiefer ⊥	11000 300	47 7,7	104 3,0	87 -	10,0 -
Lärche ⊥	18000 300	55 7,5	107 2,3	99 -	9,0 -
Buche ⊥	14000 600	62 9,0	135 7,0	105 -	10,0 -
Eiche ⊥	13000 600	54 11	90 4,0	91 -	11,0 -
längs der Faserrichtung		⊥ quer zur Faserrichtung			

2.1.1.3 Verhalten des Holzes in Bezug auf Wärme, Diffusion und Schall

Wärmeausdehnung

Im Gegensatz zu anderen Baustoffen wie Kunststoffe und Metalle ist die Wärmeausdehnung von Holz zu vernachlässigen. Sie ist so gering, dass sie im Vergleich zu den Quell- und Schwindbewegungen nicht ins Gewicht fällt.

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes gibt die Wärmeleistung in Watt an, die bei einem Kelvin Temperaturunterschied durch 1 m² Wand dieses Baustoffes mit 1 m Dicke hindurchgehen kann. Holz lässt infolge seiner porigen Struktur die Wärme schlecht von einer Oberfläche zur anderen hindurch. Allgemein nimmt die Wärmeleitfähigkeit des Holzes mit der Rohdichte und der Holzfeuchte zu. Längs zur Faser ist die Wärmeleitfähigkeit etwa doppelt so hoch wie quer zur Faser. Die Werte für die Wärmeleitfähigkeit liegen zwischen den Werten für Dämmstoffe und den Werten für tragende Werkstoffe wie Metall und Stein. Somit erfüllt Holz im Bauwesen sowohl tragende Funktionen als

auch wärmedämmende Funktionen, weil die günstigen Festigkeitseigenschaften in Faserrichtung mit einer niedrigen Wärmeleitfähigkeit quer zur Faserrichtung verknüpft sind.

Tabelle 9: Wärmeleitfähigkeiten (Mittelwerte)

Material	Dichte [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]
Beton	$\rho = 2400$	2,1
Vollziegel	$\rho = 1200$	0,5
Eiche	$\rho = 710$	0,18
Fichte	$\rho = 460$	0,11
Wärmedämmstoffe		0,025-0,045

Diffusionstechnisches Verhalten von Holz

Im Rahmen der Bauphysik hat neben dem Wärmedurchgang der Feuchtigkeitsdurchgang durch Holz quer zur Faserrichtung Bedeutung. Im Feuchtebereich unterhalb Fasersättigung erfolgt der Feuchtigkeitstransport weitgehend durch Diffusion von Wasserdampf. Das Maß für den Widerstand, den Holz der Diffusion von Wasserdampf entgegensezt (Diffusionswiderstandszahl μ), ist stark von dem Feuchtigkeitsgehalt des Holzes abhängig. Die Diffusion erfolgt in Faserrichtung erheblich schneller als quer dazu, und hier in radialer Richtung schneller als in tangentialer Richtung.

Die Diffusionswiderstandszahl beschreibt eine Materialeigenschaft und zeigt die dampfbremsende Wirkung eines Baustoffes. In den Normen wird diese als Verhältnis zu dem Diffusionswiderstand von Luft dargestellt. Luft hat den Wert $\mu = 1$. Zur Beurteilung ist natürlich die Dicke des Bauteils entscheidend. Wird diese Zahl mit der Stärke des Bauteils in (m) multipliziert, ergibt dies die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d . Mit den S_d -Zahlen der verschiedenen Baustoffe lassen sich Wandaufbauten beurteilen. Die DIN 4108-4 enthält die aktuellen Werte.

Nadelhölzer $\mu = 40 - 50$ (für trockenes Bauholz, Mittelwert 0,45)

Gipsplatten $\mu = 8$

Mineralwolle $\mu = 1$

PE-Folie $\mu = 10^5$

Beispiel: Vergleich von 2 verschiedenen Wandaufbauten

12 mm Gipsplatte – 100 mm Mineralwolle $0,012 \text{ (m)} \times 8 + 0,1 \text{ (m)} \times 1 = 0,196 \text{ m}$

12 mm Nadelholz – 100 mm Mineralwolle $0,012 \text{ (m)} \times 45 + 0,1 \text{ (m)} \times 1 = 0,64 \text{ m}$

Bei diesen Zahlen zeigt sich deutlich die starke hygroskopische Eigenschaft von Gips, da die Widerstandszahl wesentlich kleiner ist, wird auch schneller Feuchtigkeit aufgenommen. Würde bei den Wandaufbauten jeweils noch eine 0,5 mm PE-Folie eingesetzt, erhöht sich der Wert jeweils um 50 m.

Selbstverständlich würde Holz nicht ungeschützt als Widerstand gegen Feuchtigkeitsdurchgang geplant, sondern immer im Zusammenhang mit Holzschutzmaßnahmen eingesetzt.

Schalldämmung

Die Schalldämmfähigkeit von Holz ist wegen seines relativ geringen Gewichtes und wegen der Biegesteifigkeit relativ gering, daher ist Holz kein gutes Schalldämmmaterial. Wegen der nahezu geschlossenen Oberfläche bzw. der geringen Tiefe der angeschnittenen Poren hat Holz auch keine schallschluckenden Eigenschaften. Die Schallwellen werden größtenteils an der Holzoberfläche reflektiert. Tiefe Töne lassen sich durch Abhängung dünner plattenförmiger Holzteile schlucken. Hierbei werden die Schallwellen in Bewegungsenergie umgewandelt.

Schallgeschwindigkeit

Die Schallgeschwindigkeit wird von der Dichte und dem E-Modul bestimmt. Insbesondere beeinflussen nachfolgende Faktoren die Schallgeschwindigkeit:

Rohdichte	je > Rohdichte, desto > Geschwindigkeit
Faserlänge	je > Faserlänge, desto > Geschwindigkeit
Schnittrichtung	in Faserrichtung > als senkrecht zur Faser
Holzfeuchte	je > die Holzfeuchte, desto < die Geschwindigkeit
Temperatur	je > die Temperatur, desto < die Geschwindigkeit

In Faserrichtung beträgt die Schallgeschwindigkeit im Holz in etwa 4000 m/s, senkrecht zur Faser 1500 m/s. Eingesetzt wird die Messung der Schallgeschwindigkeit für die Zerstörungsfreie Messung von Rohdichte und E-Modul.

2.1.1.4 Verhalten des Holzes ggü. Feuchtigkeitseinflüssen

Holzgleichgewichtsfeuchte

Im Wachstum befindliches Holz enthält sehr viel Wasser, welches sich in den Zellhöhlenräumen und in den Zellwänden befindet.

Waldfrisch	60 – 150 %	Holzfeuchte
Fällfrisch	ca. 60 %	Holzfeuchte
Fasersättigungsbereich	ca. 30 %	Holzfeuchte

Die Holzfeuchte wird als das Verhältnis zwischen des im Holz enthaltenen Wassers und der absolut trockenen Holzmasse definiert und in % ausgedrückt. Nach Erreichen des Fasersättigungsbereichs, wird die Holzfeuchte durch das Umgebungsklima bestimmt. 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.

Demnach muss Holz so trocken sein, wie es am Verwendungsort notwendig ist. Die dort zu erwartende relative Luftfeuchtigkeit bestimmt die Sollholzfeuchte. Holz für Innenräume lässt sich jedoch nur künstlich auf die Sollholzfeuchte trocknen. Die Gleichgewichtsfeuchte ist nicht genau gleich für alle Holzarten; Rohdichte und Kerninhaltsstoffe beeinflussen sie. Diese Tatsache kann jedoch in der Praxis vernachlässigt werden.

Der hygroscopische 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 zeigen eine typische s-förmige Gestalt.

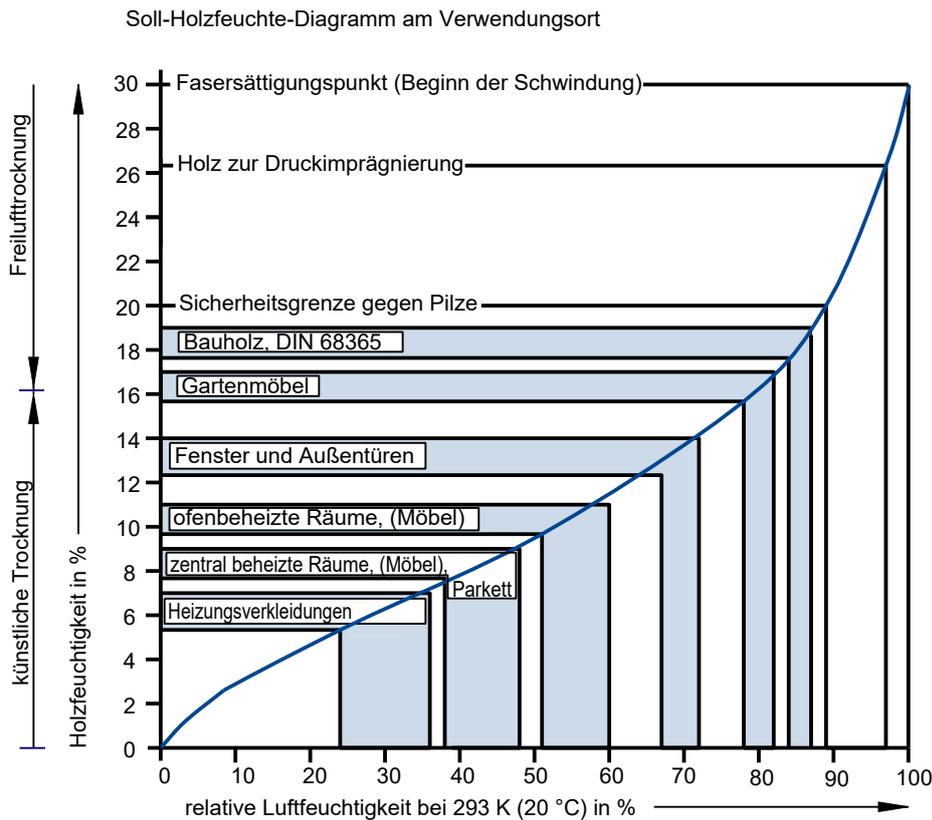


Abbildung 30: Sorptionsisotherme von Holz mit Sollholzfeuchteangaben am Verwendungsort = Gleichgewichtsfeuchte

Die wichtigsten Werte dieser Tabelle, die jeder (m/w/d) in der Holztechnik verinnerlicht haben sollte, sind:

Möbelholz	8 – 10 %
Bauholz / Außenbereich	<=20%

Bei diesen Werten gibt es keine Probleme mit dem Schwinden oder Quellen von Möbelteilen und auch keine Probleme mit Schimmel oder Pilzbefall. Bauholz mit Holzfeuchte <=20% wird im Handel als trockenes Bauholz bezeichnet.

Auswirkungen der Holzfeuchte

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

Die Rohdichte 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.

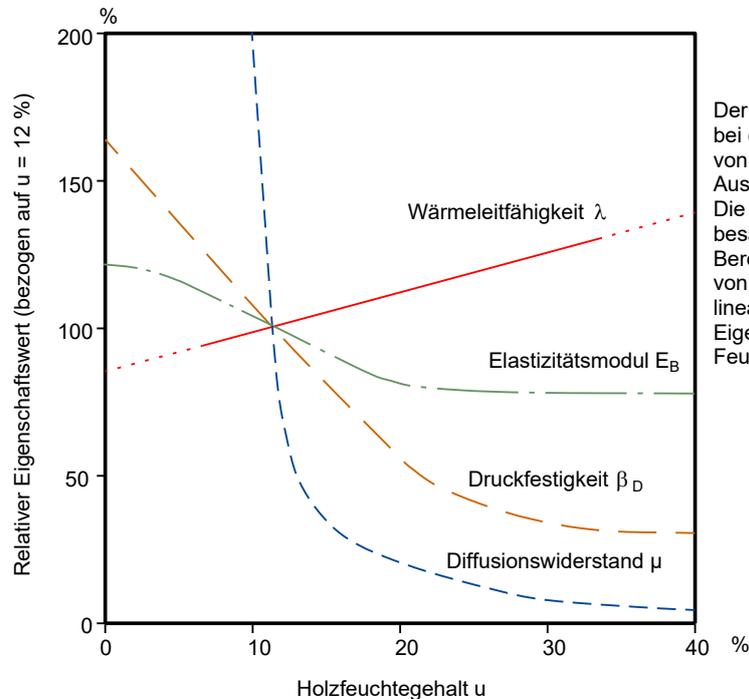


Abbildung 31: Feuchteeinfluss auf Holzeigenschaften

Darrverfahren

Die Bestimmung der Holzfeuchte erfolgt nach DIN 52183 (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 $103 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ 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.

Elektrische Holzfeuchtemessung

Die elektrische Holzfeuchtemessung nach dem Widerstandsprinzip stellt eine zerstörungsfreie (-arme) Schnellbestimmung mit Fehlern von $\pm 1,5 \%$ im Bereich unter Fasersättigung (von 3-25 % u) dar. Da der elektrische Widerstand des Holzes temperatur- und holzartenabhängig ist, werden entsprechende Korrekturen nach Tabellen vollzogen oder sind bereits im Gerät berücksichtigt.

Schwierigkeiten bei der elektrischen Holzfeuchtebestimmung können dann auftreten, wenn im Holz größere Feuchtigkeitsgefälle vorliegen, oder wenn das Holz mit Schutzmitteln behandelt ist. Oberhalb Fasersättigung ist die elektrische Holzfeuchtemessung mit großen Fehlern behaftet.

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.

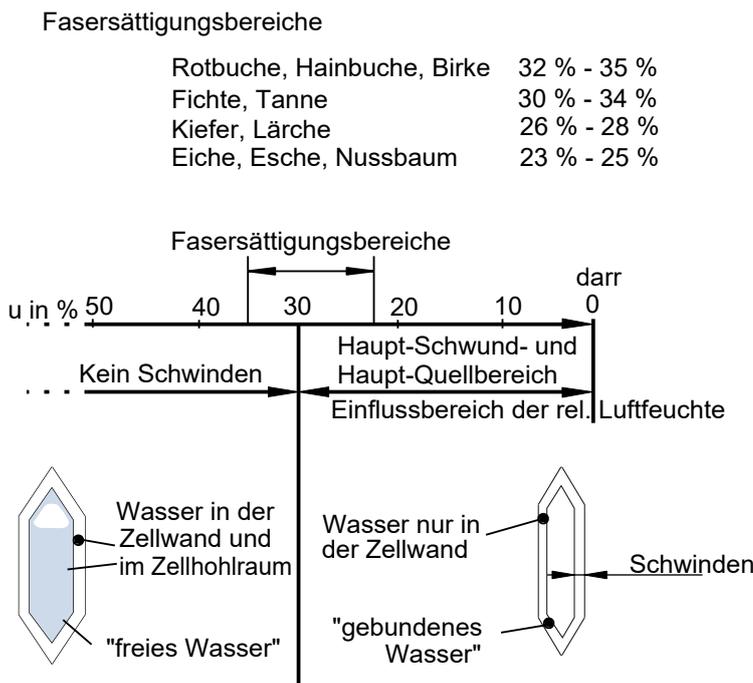


Abbildung 32: Fasersättigungsbereiche

Abmessungsänderungen bei Vollholz

Solange sich beim Trocknungsprozess noch freies Wasser in den Zellen befindet, kommt es nicht zu Abmessungsänderungen. Erst nach dem das freie Wasser vollständig getrocknet ist, kommt es zu Änderungen der Abmessungen. Die Holzfeuchtigkeit ist dann abhängig von der Umgebungfeuchte und der Umgebungstemperatur am jeweiligen Verwendungsort.

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 10 %. Diese Werte sind Durchschnittswerte. Bei vielen Holzarten gibt es wesentliche Unterschiede, die bei der Verwendung berücksichtigt werden müssen. Besonders stark schwinden und quellen z.B. Rotbuche, Bongossi und Hickory, wenig „arbeiten“ dagegen Western Red Cedar, Teak und Mahagoni. Bei der Konstruktion von Erzeugnissen aus Massivholz ist besonders das Quellen und Schwinden in tangentialer Richtung zu beachten.

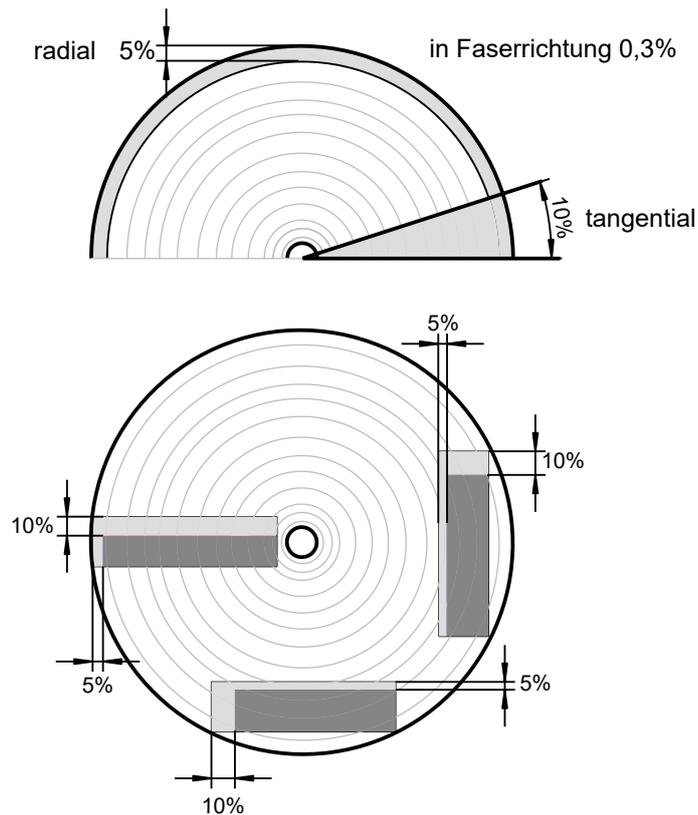


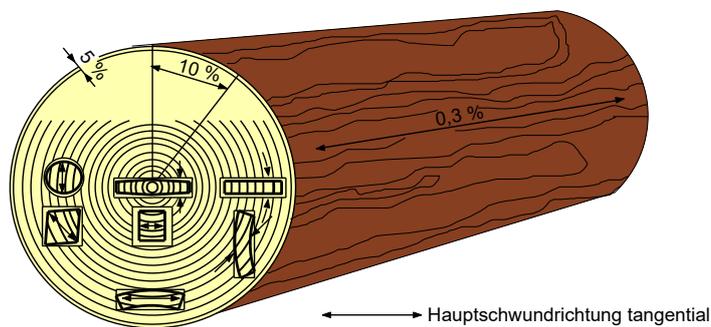
Abbildung 33: Maximale Quell- und Schwindmaße bei einer Trocknung von Fasersättigung bis auf 0 % Holzfeuchte

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, Massivholzfußböden und Füllungen sinnvoll.

Tabelle 10: Differenzielles Quell- und Schwindmaß β in % je % Holzfeuchteänderung für verschiedene Holzarten

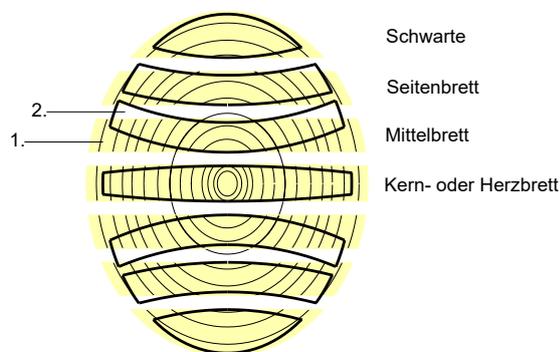
Holzart	radial	tangential	Anisotropie
Fichte	0,19	0,39	2,1
Kiefer	0,19	0,36	1,9
Lärche	0,14	0,30	2,1
Tanne	0,14	0,28	2,0
Afromosia	0,18	0,32	1,8
Bongossi	0,31	0,40	1,3
Buche	0,20	0,41	2,1
Eiche	0,16	0,36	2,3
Esche	0,21	0,38	1,8
Meranti rot	0,11	0,25	2,3
Nussbaum	0,18	0,29	1,6
Sipo	0,20	0,25	1,3
Teak	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 34: Anisotropie und Querschnittänderung des Holzes

Formeln für Berechnungen von Schwinden und Quellen

Schwindmaß

$$l_2 = l_1 \cdot \frac{100 + \beta \cdot (u_2 - u_1)}{100\%}$$

l_1 Maß in **mm** bei Holzfeuchte u_1 (Maß vor der Trocknung, **nasse Breite**)

l_2 Maß in **mm** bei Holzfeuchte u_2 (Maß nach der Trocknung, **trockene Breite**)

β Differentielles Schwindmaß in % / % Holzfeuchteänderung aus Tabelle 10, DIN 1052 oder Tabellenbuch Holztechnik I.

u_1 Ausgangsholzfeuchte in % (vor der Trocknung, **nasse Holzfeuchte**)

u_2 Endfeuchte in % (nach der Trocknung, **trockene Holzfeuchte**)

$u_2 - u_1$ Holzfeuchteänderung Δ_u in %

Die Formel gilt für das Schwinden von Massivholz im Bereich von 7 – 20% Holzfeuchte (linearer Zusammenhang). Durch Umstellen der Formel auf „ l_1 “ kann die umgestellte Formel zur Berechnung der Quellung verwendet werden. Teilweise wird in der Literatur für diese Formeln auch anstelle von „ l “ der Buchstabe „ b “ oder andere Buchstaben verwendet.

Quellungsmaß

Umgestellte Formel für die Berechnung des Quellungsmaß (Berechnung der nasseren Breite)

$$l_1 = l_2 \cdot \frac{100\%}{100 + \beta \cdot (u_2 - u_1)}$$

Prozentuales Schwindmaß Δ_S in % bezogen auf l_1 (nasse Breite)

$$\Delta_S = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \cdot 100\%$$

Das prozentuale Schwindmaß Δ_S wird in % angegeben, wobei der Wert für $l_1 > l_2$ sein muss. Die Formel kann auch für die Quellung verwendet werden (siehe Lehrbeispiel 2.5).

Differenz der Holzfeuchte Δ_u in % berechnet durch Δ_S und dem differentiellen Quell- und Schwindmaß β aus der Tabelle.

$$\Delta_u = \frac{\Delta_S}{\beta}$$

Lehrbeispiel 2.1

Ein 250 mm breites Seitenbrett aus Esche trocknet von 20 % auf 8 % Holzfeuchte. Wie breit ist das Seitenbrett nach der Trocknung?

- l_1 250 mm
 l_2 zu errechnen

Lösung

- β nach Tabelle 10 für Esche tangential 0,38 %
 u_1 20 %
 u_2 8 %
 $u_2 - u_1$ -12 %

$$l_2 = l_1 \cdot \frac{100 + \beta \cdot (u_2 - u_1)}{100\%}$$

$$l_2 = 250 \cdot \frac{100 + 0,38 \cdot (8 - 20)}{100\%}$$

$$l_2 = 238,6 \text{ mm}$$

Das Seitenbrett hat nach der Trocknung ein Maß von 238,6 mm und ist demnach um 11,4 mm getrocknet.

Lehrbeispiel 2.2

Das Seitenbrett aus Esche ist mit einer Breite von 238,6 mm und 8 % Holzfeuchte verbaut worden. Die Gleichgewichtsfeuchte in den nächsten Monaten wird auf 20 % geschätzt. Welche Breite wird das Brett dann haben?

Lösung

Da das Brett quellen wird, verwenden wir die umgestellte Formel für die Berechnung der Quellung.

$$l_1 = l_2 \cdot \frac{100\%}{100 + \beta \cdot (u_2 - u_1)}$$

$$l_1 = 238,6 \cdot \frac{100\%}{100 + 0,38 \cdot (8 - 20)}$$

$$l_1 = 250 \text{ mm}$$

Das Seitenbrett wird bei einer Gleichgewichtsfeuchte von 20 % eine Breite von 250 mm haben.

Lehrbeispiel 2.3

Es wird ein Dielenboden aus Eiche in einem Mehrzweckraum verlegt. Die Dielen werden mit einer Breite von 160 mm und einer Holzfeuchte von 9 % angeliefert. Es werden 20 Stck. ganze Dielen in einer Raumbreite von 3220 mm in der Breite verlegt.

2.3.1 Wie breit ist die Dehnungsfuge in der Einbausituation?

Lösung 2.3.1

3220 mm – (20 x 160 mm) = **20 mm**. Die Dehnungsfuge hat ca. 20 mm, natürlich abhängig von der exakten Verlegung ohne Fugen zwischen den Dielen.

2.3.2 Wieviel Rest von der ursprünglichen Dehnungsfuge bleibt bei einer Gleichgewichtsfeuchte / Ausgleichsfeuchte von 11% bestehen?

Lösung 2.3.2

In der Praxis sind natürlich nicht alle Dielen radial oder tangential hergestellt worden. Für eine praxisgerechte Berechnung ist es üblich, den Mittelwert von beiden Werten zu bilden.

Eiche radial: 0,16 tangential: 0,36 Mittelwert = $0,16 + 0,36 / 2 = 0,26 \text{ \%}/\%$

Da bei einer Ausgleichsfeuchte auf 11 % gegenüber der Einbaufeuchte von 9 % mit einer Quellung zu rechnen ist, wird zur Berechnung die Formel für die Quellung genommen.

$$l_1 = l_2 \cdot \frac{100\%}{100 + \beta \cdot (u_2 - u_1)}$$

$$l_1 = 160 \cdot \frac{100\%}{100 + 0,26 \cdot (9 - 11)}$$

$$l_1 = 160,8 \text{ mm}$$

20 Stck. Dielen x 160,8 mm / Diele ergibt eine Breite von 3216 mm, somit verbleibt eine Restdehnungsfuge von **4 mm**.

Lehrbeispiel 2.4

Das 250 mm breite Seitenbrett aus Esche hat nach der Trocknung ein Maß von 238,6 mm. Wie hoch ist das prozentuale Schwindmaß?

Lösung

$$\Delta S = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \cdot 100\%$$

$$\Delta S = \frac{250 - 238,6}{250} \cdot 100\%$$

$$\Delta S = 4,56\%$$

Das Seitenbrett ist um 4,56 % geschwunden. (250 mm – 4,56 % = 238,6 mm)

Lehrbeispiel 2.5

Ein 238,6 mm breites Seitenbrett aus Esche hat nach der Quellung ein Maß von 250 mm. Wie hoch ist ΔS in % bezogen auf die 250 mm?

Lösung

$$\Delta S = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \cdot 100\%$$

$$\Delta S = \frac{250 - 238,6}{250} \cdot 100\%$$

$$\Delta S = 4,56\%$$

Das Seitenbrett ist auf 250 mm gequollen, die 238,6 mm entsprechen also 95,44 %.

Lehrbeispiel 2.6

Das 250 mm breite Seitenbrett aus Esche hat nach der Trocknung ein Maß von 238,6 mm und eine gemessene Holzfeuchte von 8 %. Wie hoch war die Holzfeuchte vor der Trocknung?

Lösung

Die Berechnung der Holzfeuchte vor der Trocknung erfolgt über die Berechnung von Δu . Durch Addition der Differenzfeuchte auf die gemessene Holzfeuchte ergibt sich die Feuchte vor der Trocknung. Für die Formel von Δu wird der Wert von ΔS benötigt.

$$\Delta u = \frac{\Delta S}{\beta}$$

$$\Delta S = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \cdot 100\%$$

$$\Delta S = \frac{250 - 238,6}{250} \cdot 100\%$$

$$\Delta S = 4,56\%$$

$$\Delta u = \frac{4,56}{0,38}$$

$$\Delta u = 12\%$$

Der β -Wert aus der Tabelle ist 0,38 %/% Die gemessene Holzfeuchte war 8 %, mit $+\Delta u$ 12% beträgt die Feuchte vor der Trocknung **20 %**.

Lehrbeispiel 2.7

Für einen Auftrag bei einer Dielenverlegung in Eiche für einen Mehrzweckraum verlangt der Auftraggeber eine Ausdehnungsmöglichkeit der Dielen für ein Raumklima mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70 %. Können 20 Stück Dielen in voller Breite verlegt werden oder muss gekürzt werden?

Lösung

Gegeben: Dielenbreite 160 mm, Raumbreite 3245 mm, Holzfeuchte der Dielen 9 %.

Der Blick in das Diagramm der Abbildung 30 (Sorptionsisotherme von Holz mit Sollholzfeuchteangaben) zeigt für 70% relative Luftfeuchtigkeit eine Holzfeuchte von ca. 13,5 % an. Die Berechnung erfolgt mit der Formel für die Quellung:

$$l_1 = l_2 \cdot \frac{100\%}{100 + \beta \cdot (u_2 - u_1)}$$

$$l_1 = 160 \cdot \frac{100\%}{100 + 0,26 \cdot (9 - 13,5)}$$

$$l_1 = 161,9 \text{ mm}$$

Die Ermittlung von β erfolgt mit Hilfe der Tabelle 10. Eiche ist mit radial 0,16 und tangential mit 0,36 %/% angegeben. Für die Fußbodendielen bilden wir das Mittel aus beiden. Dies ist ein praxisgerechter Ansatz.

Der Mittelwert beträgt: $0,16 + 0,36 / 2 = 0,26 \text{ %/}$. Dieser Wert kann jetzt in die Formel für β eingesetzt werden.

Bitte beachten Sie in diesem Zusammenhang genau die richtige Verwendung von u_1 und u_2 sowie l_1 und l_2 . Die umgestellte Formel basiert auf der Verwendung der gleichen Indizes wie bei der Grundformel für die Trocknung. D.h.:

u_1	=	nasse Holzfeuchte in diesem Fall 13,5%
u_2	=	trockene Holzfeuchte in diesem Fall 9 %
l_1	=	nasse Breite in diesem Fall der gesuchte Wert
l_2	=	trockene Breite in diesem Fall 160 mm

Die Verlegung von 20 Stück Dielen in voller Breite würde bei 70% relativer Luftfeuchte eine Breite von $20 \times 161,9 \text{ mm} = 3238 \text{ mm}$ haben. Mit einer Raumbreite von 3245 mm bleibt somit mit 7 mm noch ausreichend Reserve.

Lehrbeispiel 2.8

Es ist ein Dielenboden aus Eiche in einem Wohnraum verlegt worden. Die Dielen wurden mit einer Breite von 160 mm und einer Holzfeuchte von 9% eingebaut. Es wurden 20 Stück ganze Dielen in einer Raumbreite von 3220 mm in der Breite verlegt. Nach mehreren Monaten wird die Verlegung reklamiert, da der Boden aufgequollen ist. Gemessen wurde eine durchschnittliche Breite von 164 mm für die aufgequollenen Dielen.

Welche Ursache könnte die Reklamation haben?

Die 20 Stück Dielen sind mit 164 mm definitiv zu breit für die Raumbreite von 3220 mm ($20 \times 164 = 3280 \text{ mm}$). Der Kunde reklamiert eine zu kleine Dehnungsfuge und verlangt Schadensersatz.

Wie könnten Sie diesen Sachverhalt prüfen und ggf. zurückweisen?

Lösung

In der Abbildung 30 (Sorptionsisotherme von Holz mit Sollholzfeuchteangaben) kann die Holzfeuchtigkeit bei 20° und verschiedenen relativen Luftfeuchten abgelesen werden. Die relative Luftfeuchte sollte in Wohnräumen bei 20° 60 % nicht wesentlich überschreiten. Nach der Tabelle würde sich bei 60 % eine Holzfeuchtigkeit von ca. 11 % einstellen. Vermutlich war das Wohnzimmer über längere Zeit erheblich feuchter.

Zunächst erfolgt eine Prüfung für eine Holzfeuchtigkeit von 11 %. Dies ergibt eine Dielenbreite von 160,8 mm. Die 20 Stück Dielen ergeben mit 160,8 mm je Diele eine Breite von 3216 mm und somit eine ausreichende Dehnungsfuge. Kritisch betrachtet sind die 4 mm Fuge für des Normklima etwas knapp bemessen, aber beeinflusst natürlich die Reklamation in diesem Fall nicht.

Diese Berechnung erfolgte mit der Formel für die Quellung:

$$l_1 = l_2 \cdot \frac{100\%}{100 + \beta \cdot (u_2 - u_1)}$$

$$l_1 = 160 \cdot \frac{100\%}{100 + 0,26 \cdot (9 - 11)}$$

$$l_1 = 160,8 \text{ mm}$$

Für β wird der Mittelwert für Eiche aus Tabelle 10 mit 0,26 %/% gebildet.

Da in diesem Fall aber eine wesentlich höhere Holzfeuchte und somit auch eine wesentlich erhöhte relative Luftfeuchtigkeit vermutet wird, kann der Nachweis über folgende Berechnung geführt werden.

Über die Differenz der Abmessungen kann das ΔS errechnet werden:

$$\Delta S = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \cdot 100\%$$

$$\Delta S = \frac{164 - 160}{164} \cdot 100\%$$

$$\Delta S = 2,44\%$$

Mit dem Δu kann die Holzfeuchte nach der Quellung errechnet werden.

$$\Delta u = \frac{\Delta S}{\beta}$$

$$\Delta u = \frac{2,44}{\beta}$$

Für β wird erneut der Mittelwert von 0,26 %/% angesetzt. Dieser Wert kann jetzt in die Formel für Δu eingesetzt werden.

$$\Delta u = \frac{2,44}{0,26} = 9,38\%$$

Beim Einbau hatten die Dielen eine Holzfeuchte von 9% + 9,38 % = **18,4 %** Holzfeuchte. Der Blick in das Diagramm der Abbildung 30 zeigt für die Holzfeuchte von 18,4 % eine relative Luftfeuchtigkeit von ca. **85 %** an. Dies entspricht keinem normalen Raumklima und ist somit die Ursache für die Reklamation.



Maßnahmen, die das „Arbeiten des Holzes“ verringern

Die Eigenschaft des Holzes, seine Dimension durch Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe in den drei anatomischen Richtungen unterschiedlich zu ändern, muss konstruktiv berücksichtigt werden. Vollholzflächen werden in der Breite so verleimt, dass Kern an Kern und Splint an Splint kommt. Bei Dickenverleimungen bleiben die Fugen geschlossen, wenn die linken Holzseiten, die dem Splint zugewandten Seiten, zusammengeleimt werden. Mit geeigneten Konstruktionen kann dem „Arbeiten des Holzes“ entgegengewirkt werden, sodass es nicht zur Beeinträchtigung des Gebrauchswertes von Holzbauteilen kommt. Beispiele hierfür sind Rahmen- und Füllungskonstruktionen, Gratverbindungen, das Verkeilen und begrenzte Verleimen von größeren Zapfenverbindungen oder das Absperren von großformatigen Flächen, ein Prinzip, das bei Holzwerkstoffen angewendet wird.

3 Modul 2 LSK 6: „Darstellungstechniken und Produktpräsentation“

Einleitung

Die zeichnerische Darstellung ist neben dem Modellbau und dem CAD ein wichtiges Ausdrucks- und Kommunikationsmittel im Entwurfs-, Gestaltungs- und Konstruktionsprozess. Eine Zeichnung dient dem Informationsaustausch mit Dritten, dem Transport von Information; der Bogen spannt sich ausgehend von der ersten Ideenskizze bis zur Ausführungszeichnung, Die technische Freihandzeichnung ist und bleibt ein wichtiges eigenständiges Ausdrucksmittel und erhält neben dem zunehmenden Einsatz von CAD-Systemen große Bedeutung für die ganz individuelle Darlegung und Interpretation des jeweiligen Sachverhaltes. Sie ist ein Werkzeug, das dem Entwerfer die Mittel an die Hand gibt, nicht nur einen Entwurfsvorschlag vorzustellen, sondern auch sich selbst Klarheit zu verschaffen und sich mit anderen zu verständigen.

Zeichnerische Kommunikation verlangt sowohl geistige als auch manuelle Fertigkeiten. Zeichnungen - die Ergebnisse einer ständigen Arbeit - sind selbst Resultate eines Entwurfsprozesses, einer sorgfältigen Prüfung, warum, wann und wo eine grafische Technik angewendet wird, sowie schließlich die Ausführung einer Technik. Da diese „Sprache“ allgemein verstanden oder gelesen werden soll, sind verschiedene grundlegende Aspekte zu beachten.

Der persönliche Stil, die eigene Handschrift

Jeder Mensch geht eine Aufgabe unterschiedlich an und entwickelt aus seinen Erfahrungen eigene Methoden, mit denen er schnell und sicher ans Ziel kommt. So sind Arbeitsskizzen stark von der Persönlichkeit eines Entwerfers geprägt, sie zeigen verschiedene Stadien des Entwurfsprozesses und beziehen den Betrachter in die Gedankengänge mit ein.

Präsentationszeichnungen dagegen veranschaulichen ein Ergebnis, dabei soll die Idee überzeugend „verkauft“ werden. Daher haben diese Zeichnungen einen mehr unpersönlichen Charakter, denn es zählt mehr die Qualität der Ausführung und die Verdeutlichung des Abgebildeten, weniger die persönliche Handschrift des Zeichners.

Grundsätzlich hat jede Darstellungsform des Entwurfs ihre Berechtigung, wenn nur der Inhalt, ihre Botschaft, beim Betrachter ankommt.

Die Arbeitssituation

Durch die Auswahl der Arbeitsmittel, die für die Ausführung einer bestimmten Zeichnung benötigt werden, ist die Arbeitssituation definiert. Zu bestimmten Darstellungstechniken benötigt man passende Hilfsmittel. Obwohl die Qualität des Entwurfobjektes sicherlich nicht allein von der Qualität der zeichnerischen Darstellung abhängig ist, wird es sinnvoll sein, für die Anfertigung qualitativ hochwertiger Präsentationszeichnungen mit den Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Hilfsmittel vertraut zu sein.

Der ökonomische Aspekt

Zeichnen kann als die Kunst des Weglassens, des Abstrahierens verstanden werden. Das bedeutet für Entwurfszeichnungen: weniger ist mehr, mit wenigen Strichen das Wesentliche, den Kern einer Aussage treffen.

Daneben ist der Einsatz der Darstellungsmittel sehr wichtig, denn in diesem Fall bedeutet das: so aufwändig wie nötig.

Eine zeichnerische Darstellung sollte dem Entwicklungsstand der Planung entsprechend ausgeführt sein, d.h. nicht schon in der Phase erster Formversuche und Ideenfindung mit aufwändigen grafischen Techniken zu arbeiten, die viel zu zeitaufwendig sind und einen falschen Entwicklungsstand vorspiegeln. Eine Zeichnung wirkt dann ehrlich und damit überzeugend, wenn der Inhalt in der für ihn angemessenen Form präsentiert wird.

Der Auftraggeber

Die Darstellungstechnik richtet sich nach dem Zweck der Mitteilung. Der Inhalt dieser Mitteilung muss vom Empfänger eindeutig verstanden werden, damit eine Entscheidung getroffen werden kann.

Die Darstellung selbst sollte auf die Erfahrungen und Sehgewohnheiten der Beurteilenden Rücksicht nehmen. Ungeschulte Betrachter finden sich in Perspektivzeichnungen besser zurecht, da oft das räumliche Vorstellungsvermögen fehlt, das benötigt wird, um Informationen aus Ansichtsdarstellungen, also Grundriss- und Aufrisszeichnungen, zu gewinnen.

Das Arbeitsgebiet

Das Gebiet, in dem der Entwerfer arbeitet, bestimmt die Art und Weise der Darstellung und der passenden Darstellungstechnik.

Bei Objekten, die eine Realisierung als Modell verlangen, da die Grenzen der formalen Gestaltung mit dem zeichnerischen Entwurf bald erreicht sind hat die Zeichnung im Arbeitsprozess nur eine sekundäre Form. Bei Raumeinrichtungen und Möbelobjekten dagegen kommt der zeichnerischen Darstellung eine wesentlich größere Bedeutung zu.

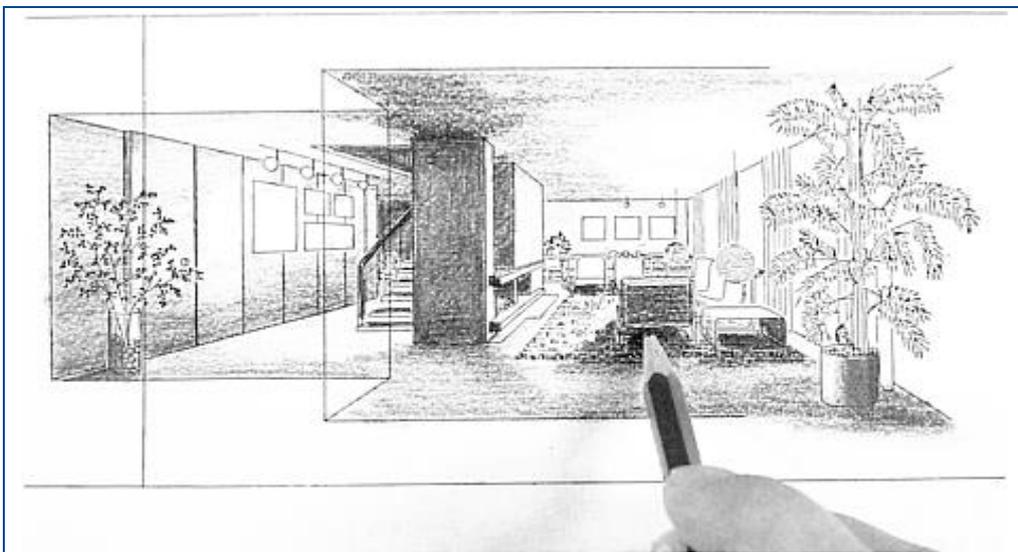


Abbildung 35: Raumwirkung

3.1 Räumliche Darstellung durch Übereckperspektiven

Bei Übereckperspektiven wird das Objekt über Eck betrachtet, der Gegenstand steht in einem bestimmten Neigungswinkel zur Bildebene oder zum Hauptsehstrahl. Alle vertikalen Linien bleiben vertikal, die beiden Hauptgruppen von Horizontalen verlaufen schräg zur Bildebene und haben jeweils ihre eigenen Fluchtpunkte, die auf dem Horizont liegen. In dem einen Fluchtpunkt treffen sich alle parallelen Waagerechten aus der Seitenansicht, in dem anderen alle parallelen Waagerechten der Vorderfront.

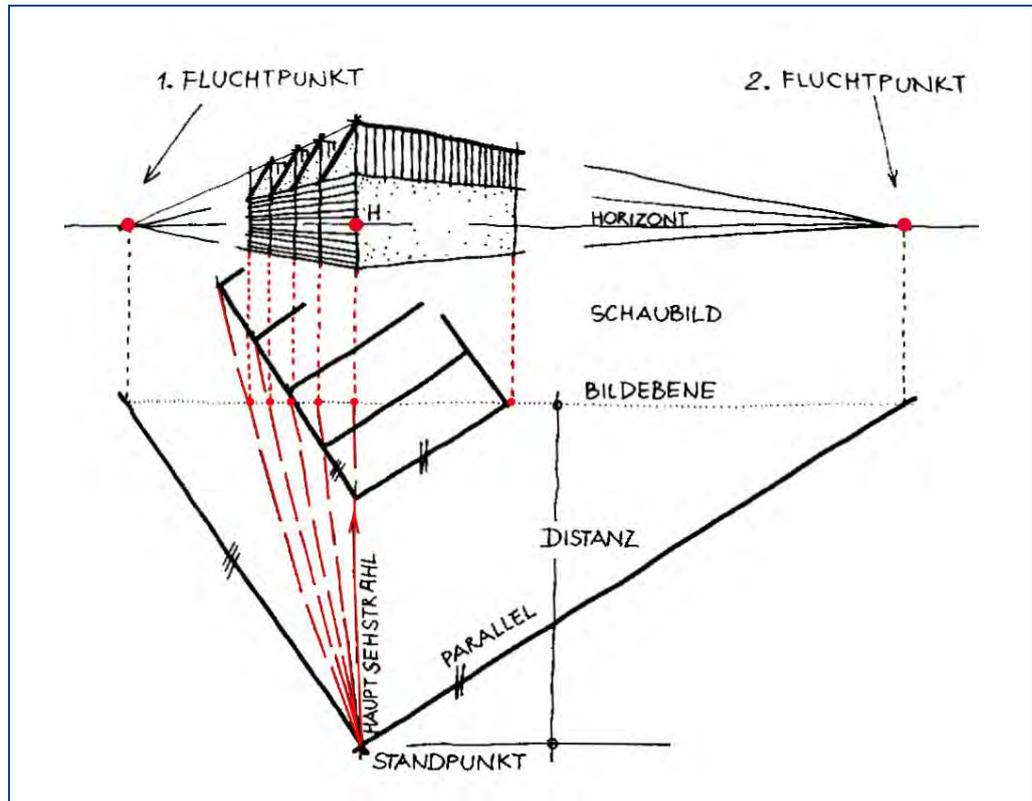


Abbildung 36: Konstruktionsschema einer Übereckperspektive

Je kleiner der Neigungswinkel des Objektes zur Bildebene ist, desto weiter rückt der Fluchtpunkt der Frontlinien vom perspektivischen Bild weg und desto dichter rückt der Fluchtpunkt der Tiefenlinien an das perspektivische Bild heran. Es hat sich für perspektivische Zeichnungen ein Neigungswinkel von 30° - 60° bewährt.

Von den Grundtypen perspektivischer Zeichnungen wird die Perspektive mit zwei Fluchtpunkten am häufigsten herangezogen. Im Gegensatz zur Perspektive mit einem Fluchtpunkt ist sie weder symmetrisch noch statisch und bietet dem Betrachter ein natürlicheres Bild. Sie wird für Innen- und Außenräume und zur Darstellung von Einzelobjekten angewandt und lässt sich den meisten vorkommenden Fällen anpassen. Für Handskizzen und kleinere Zeichnungen kann ein Perspektivraster eingesetzt werden, welches das Zeichnen wesentlich vereinfacht.

Die Konstruktion von Übereckperspektiven (Innenraum, Außenraum, Gegenstand) kann auf verschiedenen Wegen erfolgen.

Methode zur Konstruktion eines räumlichen Rasters mit zwei Fluchtpunkten

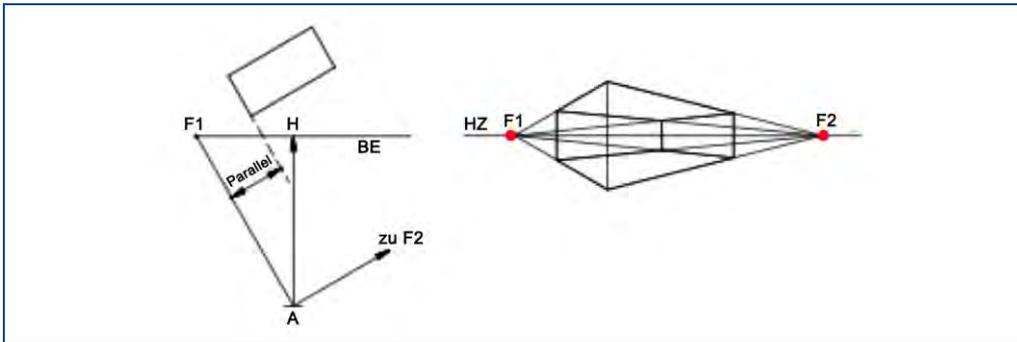


Abbildung 37: Übereckperspektive

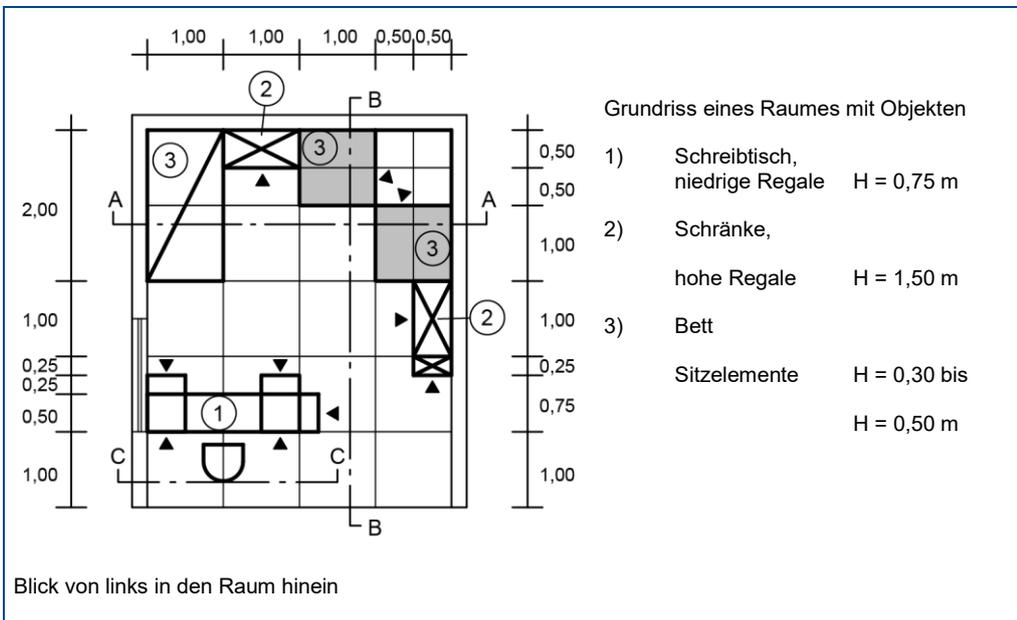


Abbildung 38: Grundrissbeispiel für die Konstruktion einer Übereckperspektive als räumliches Raster

Die vordere Raumecke aus dem vorliegenden Grundriss wird zur Bildebene.

1. Grundlinie festlegen.

Den Horizont parallel zur Grundlinie im festgelegten Maßstab und mit dem Abstand der Augenhöhe (1,65 m bei aufrechter Körperhaltung des Betrachters) einzeichnen.

Den 0-Punkt und die vordere senkrechte Körperkante des darzustellenden Objektes festlegen.

Die Höhenmaße auf der senkrechten Höhenlinie (Objektkante), die Breitenmaße und die Tiefenmaße auf der Grundlinie von 0 ausgehend abtragen.

2. Im 0-Punkt einen Winkel eintragen, der mindestens, aber in diesem Fall besser größer als 90° sein sollte. Die Schnittpunkte der Schenkel dieses Winkels ergeben die Fluchtpunkte F1 und F2 auf dem Horizont. (Je größer der Winkel ist, umso größer ist der Abstand zwischen F1 und F2). Die Schenkel bilden die unteren Objekt- oder Raumkanten.

Um den Mittelpunkt der Strecke F1 bis F2 schlägt man einen Halbkreis mit dem Radius MF. Die Schnittpunkte der Senkrechten von 0 nach unten (Verlängerung der Höhenlinie nach unten) und der Senkrechten von M aus nach unten markieren einen Teilbereich auf dem Halbkreisbogen. Dies ist der Lagebereich des Standpunktes (des Betrachters). Die Anordnung sollte möglichst mittig innerhalb dieses Bereiches erfolgen.

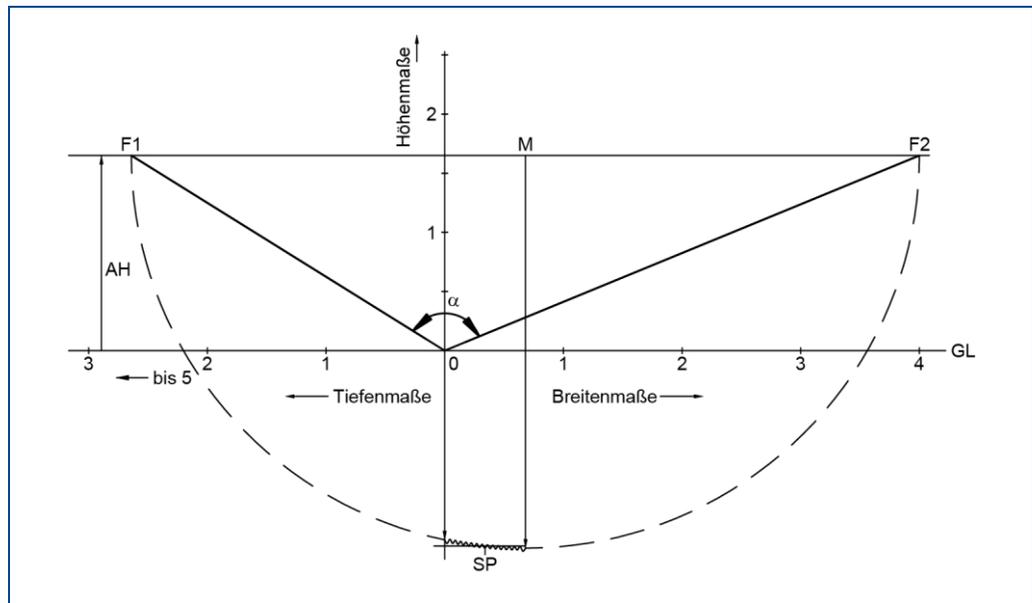


Abbildung 39: Konstruktion - Übereckperspektive

- Teilungspunkte T1 und T2 auf dem Horizont suchen und festlegen, indem die Entfernung F1 zu SP auf dem Horizont von F1 in Richtung F2 abgetragen wird (ergibt T1) und die Entfernung F2 zu SP auf dem Horizont von F2 aus in Richtung F1 abgetragen wird (ergibt T2).

Tiefenmaße des Körpers oder des Raumes auf die untere Körper- oder Raumkante übertragen durch das Einzeichnen von Geraden vom Teilungspunkt T1 zu den Originalmaßen auf der Grundlinie.

Breitenmaße des Körpers oder des Raumes auf die untere Körper- oder Raumkante übertragen durch das Einzeichnen von Geraden vom Teilungspunkt T2 zu den Originalmaßen auf der Grundlinie. Die Schnittpunkte der Geraden mit den unteren Körper- oder Raumkanten bestimmen die Tiefen- bzw. die Breitenmaße in der perspektivischen Darstellung.

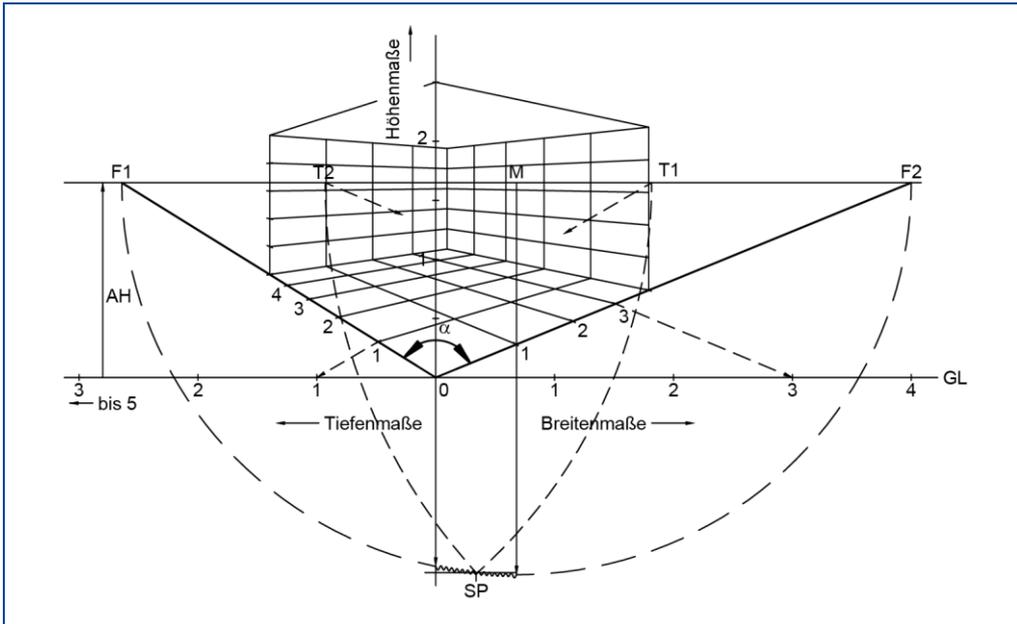


Abbildung 40: Boden- und Raumraster – Übereckperspektive

4. Von den Schnittpunkten ausgehend lassen sich Verbindungslinien zu den Fluchtpunkten ziehen. Die Fluchtlinien auf die unteren Körper- oder Raumkanten ergeben das Bodenraster, aus dem sich mithilfe der Höhenlinie und der Übertragung der Höhenmaße auf den Fluchtlinien die hintere Raumbegrenzung und damit auch die Raster für Decke und Wände entwickeln lassen.
5. Einrichtungsgegenstände können in die Perspektive eingezeichnet werden, indem man ihre Grundrisse über die Teilungspunkte und die Fluchtpunkte ermittelt oder sie über das Raumraster direkt einfügt und darstellt.

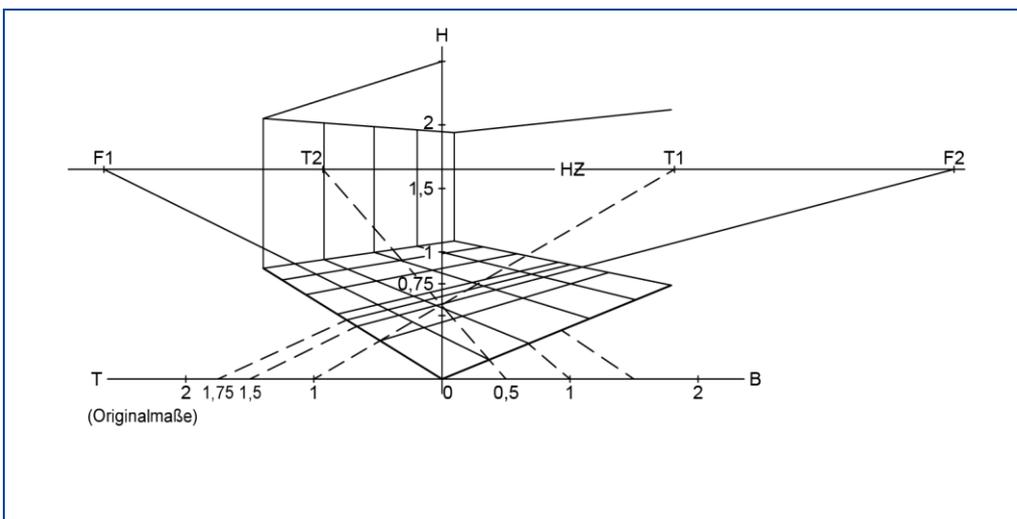


Abbildung 41: Ermittlung der Objektgrundrisse über Teilungspunkte und Fluchtpunkte

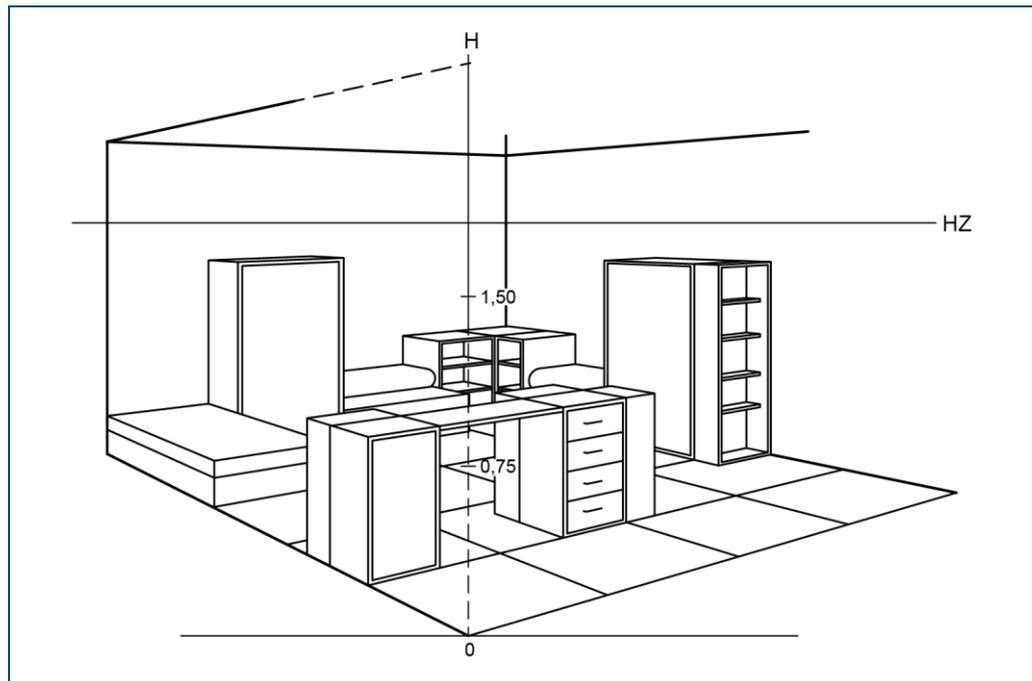


Abbildung 42: Ausgestaltete Übereckperspektive

Diese Art der Konstruktionsmethode eignet sich gut für Raumaußenecken und Objekte wie z. B. Möbel.

Eine zweite Variante lässt sich besser bei Rauminnecken einsetzen. Hier liegt die Bildebene weiter zurück.

Die hintere Raumecke aus dem vorliegenden Grundriss wird zur Bildebene.

6. Grundlinie festlegen.

Den Horizont parallel zur Grundlinie im festgelegten Maßstab und mit dem Abstand der Augenhöhe (1,65 m bei aufrechter Körperhaltung des Betrachters) einzeichnen.

Den 0-Punkt und die hintere senkrechte Raumkante festlegen.

Die Höhenmaße auf der senkrechten Höhenlinie (Raumkante), die Breitenmaße und die Tiefenmaße auf der Grundlinie von 0 ausgehend abtragen.

Von 0 nach unten die Lage der hinteren Raumecke darstellen. Die Tiefe des Raumes auf dem Grundrisschenkel, der in Richtung Tiefenmaße zeigt, im gewählten Maßstab abtragen.

7. Der Schnittpunkt der Senkrechten des Grundrisschenkels T und der Senkrechten vom 0-Punkt nach unten ergibt den Standpunkt (des Betrachters).

Die Verlängerung der Senkrechten des Tiefenschenkels führt zum Fluchtpunkt F2 auf dem Horizont.

Die Senkrechte zu dieser Linie, im Standpunkt angelegt, ergibt in der Verlängerung den Fluchtpunkt F2 auf dem Horizont.

8. Die Weiterführung der Linie von F1 zum 0-Punkt ergibt die untere Raumkante in der Raumtiefe, von F1 zum Höhenmaß auf der Höhenlinie die obere Raumkante in der Raumtiefe, von F2 zum 0-Punkt die untere Raumkante in der Raumbreite, von F2 zum Höhenmaß auf der Höhenlinie die obere Raumkante in der Raumbreite.

Teilungspunkte T1 und T2 auf dem Horizont suchen und festlegen, indem die Entfernung F1 zu SP auf dem Horizont von F1 in Richtung F2 abgetragen wird (ergibt T1) und die Entfernung F2 zu SP auf dem Horizont von F2 aus in Richtung F1 abgetragen wird (ergibt T2).

Tiefenmaße des Raumes auf die untere Raumkante übertragen durch das Einzeichnen von Geraden vom Teilungspunkt T1 zu den Originalmaßen auf der Grundlinie und ihre Verlängerung zu der Raumkante.

Breitenmaße des Raumes auf die untere Raumkante übertragen durch das Einzeichnen von Geraden vom Teilungspunkt T2 zu den Originalmaßen auf der Grundlinie und ihre Verlängerung zu der Raumkante.

Die Schnittpunkte der Geraden mit den unteren Raumkanten bestimmen die Tiefen- bzw. die Breitenmaße in der perspektivischen Darstellung.

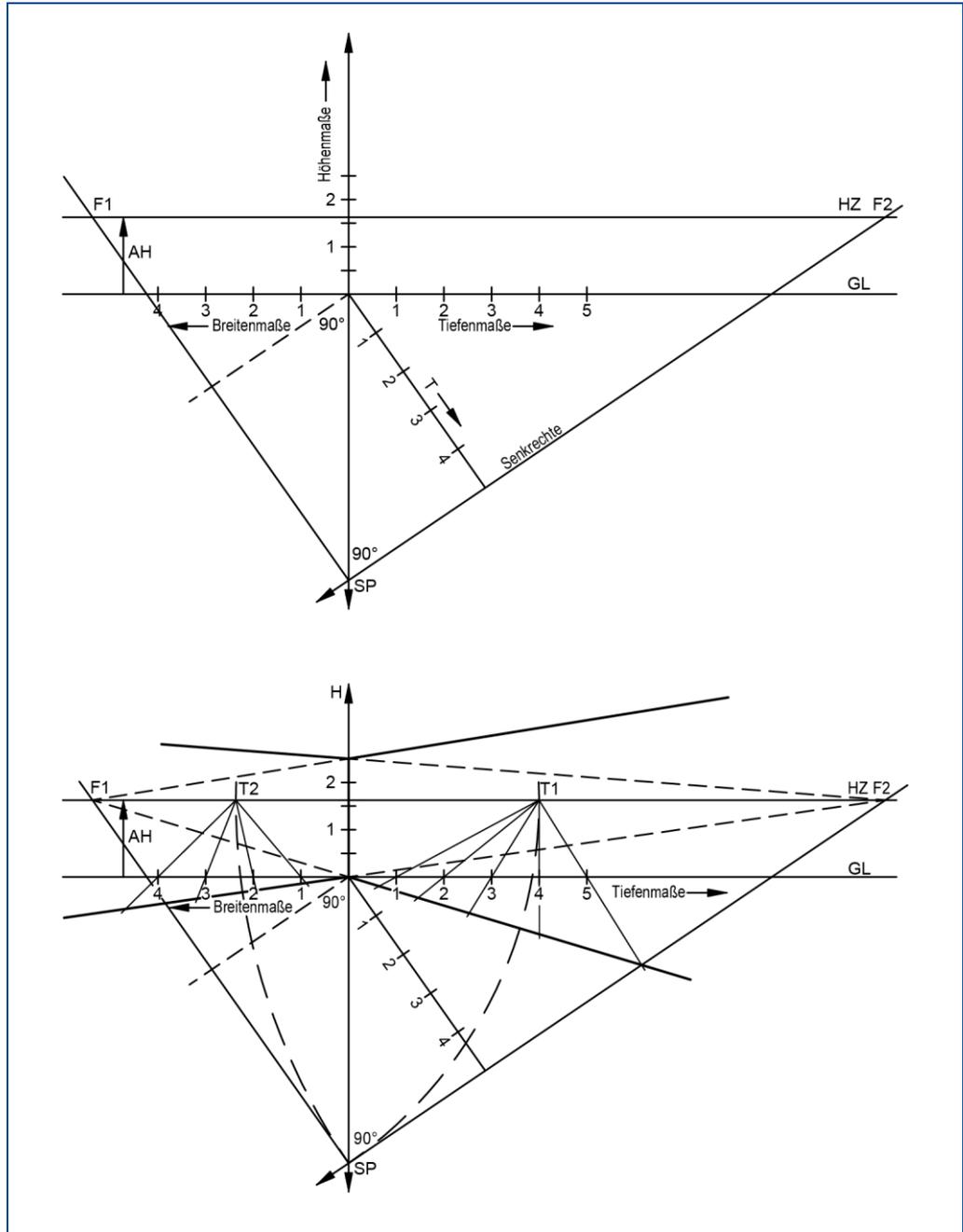


Abbildung 43: Konstruktion – Übereckperspektive

9. Von den Schnittpunkten ausgehend lassen sich Verbindungslinien zu den Fluchtpunkten ziehen. Die Fluchtlinien auf die unteren Körper- oder Raumkanten ergeben das Bodenraster, aus dem sich mithilfe der Höhenlinie und der Übertragung der Höhenmaße auf die Raumseiten durch Fluchtlinien die Raster für Decke und Wände entwickeln lassen.

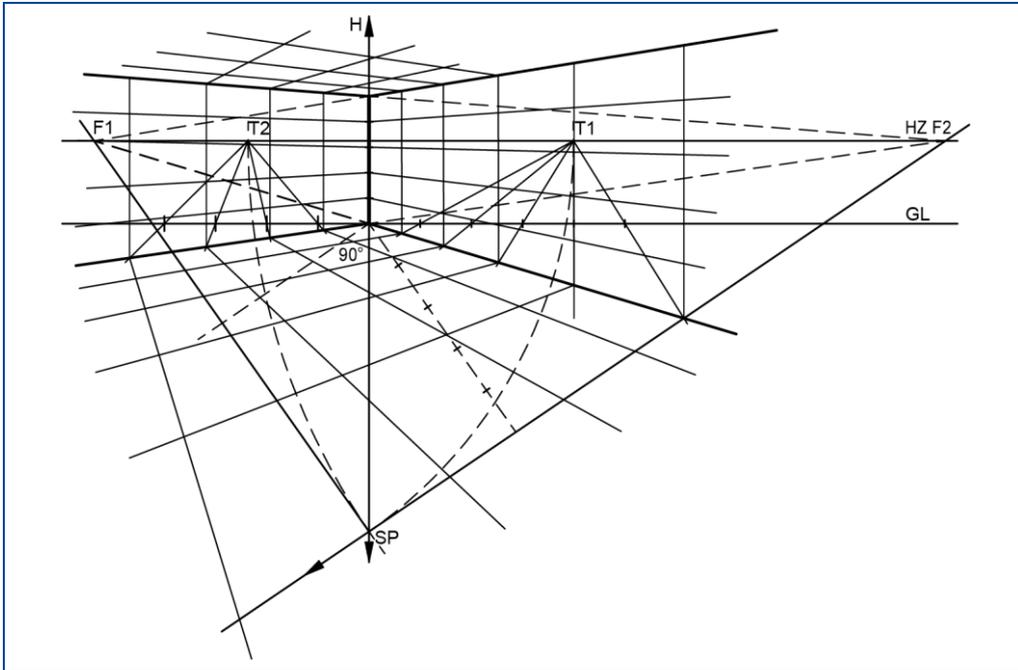


Abbildung 44: Boden- und Raumraster - Übereck-Perspektive

10. Einrichtungsgegenstände können in die Perspektive eingezeichnet werden, indem man ihre Grundrisse über die Teilungspunkte und die Fluchtpunkte ermittelt oder sie über das Raumraster direkt einfügt und darstellt.

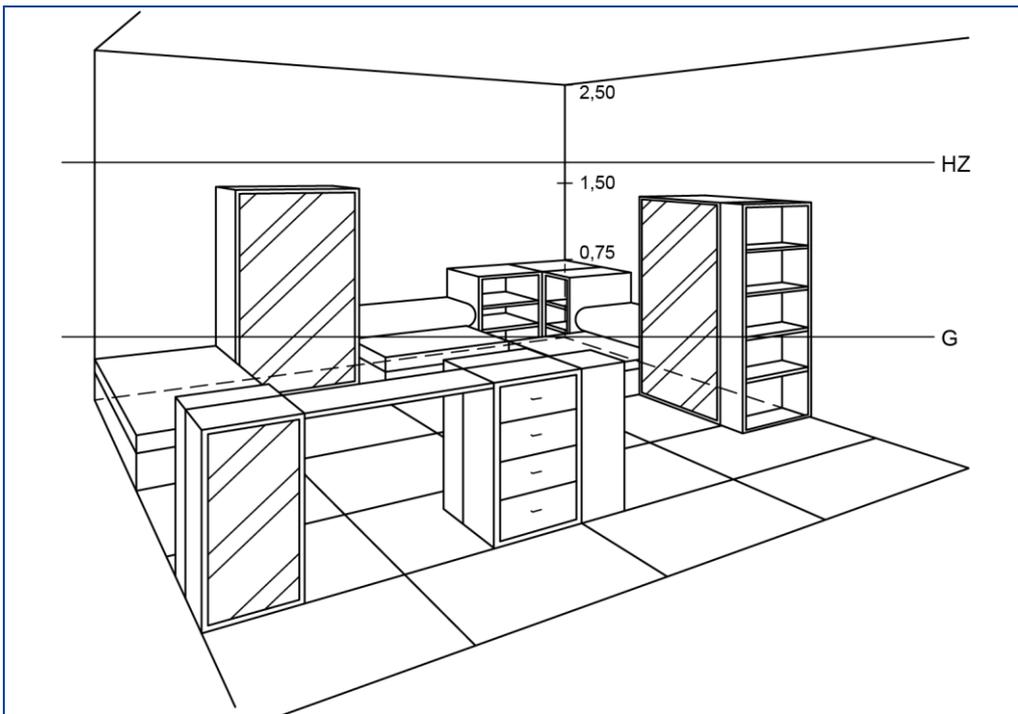


Abbildung 45: Übereckperspektive - Ausgestaltete und teilweise angelegte Zeichnung

Übereck-Perspektive eines Körpers - Konstruktion aus dem Grundriss

11. Die Lage des Objektes im Grundriss festlegen.

Die Hauptrichtung (Hauptsehstrahl) bestimmen, indem die Senkrechte durch den Diagonalschnittpunkt ermittelt wird.

Der Standpunkt des Betrachters sollte so weit von dem Objekt entfernt festgelegt werden, dass entweder der Gegenstand vom Standpunkt aus in einem Winkel von 30° enthalten ist, oder die Entfernung zwischen Gegenstand und Standpunkt etwa das 1,5fache der größten Ausdehnung des darzustellenden Objektes beträgt.

Die Bildebene durch einen Eckpunkt des Objektes einzeichnen.

Den Horizont parallel zur Bildebene festlegen. Er kann wahlweise über oder unter der Bildebene oder auch deckungsgleich mit ihr eingezeichnet werden. Günstig ist es, den Abstand so groß zu wählen, dass das perspektivische Bild nicht den Grundriss überschneidet.

Fluchtpunkte suchen.

Vom Standpunkt aus werden Parallelen zu den Körperkanten des Objektes gezogen. Die Schnittpunkte dieser Linien mit der Bildebene sind dann senkrecht auf den Horizont zu übertragen. Es ergeben sich die Fluchtpunkte F1 und F2.

12. Einzeichnen der Sehstrahlen vom Standpunkt aus zu den Eckpunkten des Objektes.

Die Schnittpunkte der Sehstrahlen mit der Bildebene ergeben die Lage der Breitenlinien im perspektivischen Bild.

Über der Ecke, durch die die Bildebene geht, die wahre Höhe abtragen (ausgehend vom Horizont).

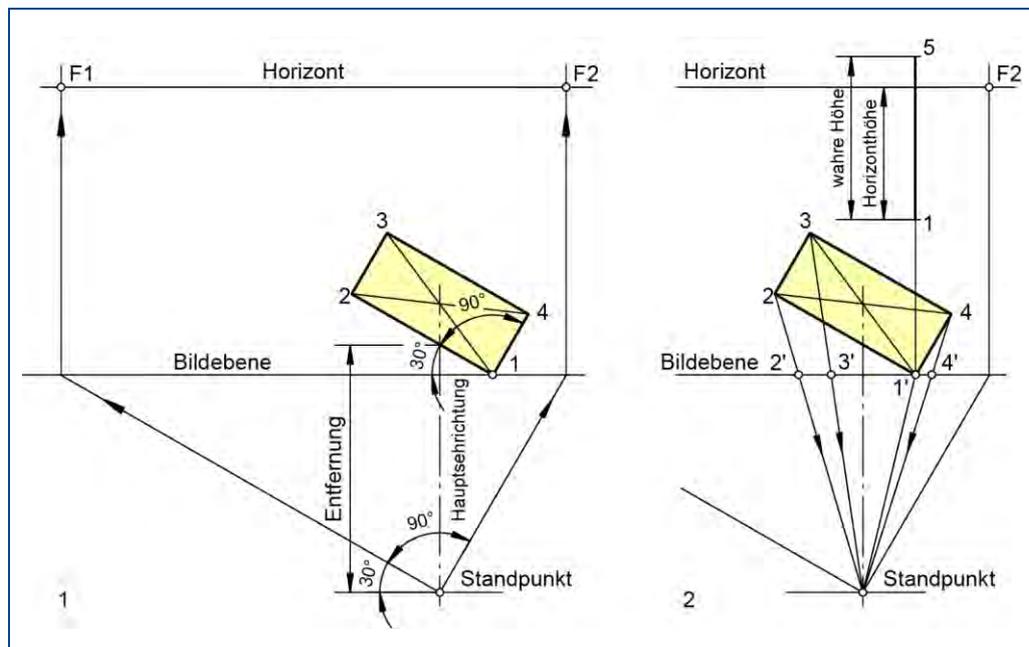


Abbildung 46: Übereckperspektive - Konstruktion aus dem Grundriss

13. Die festgelegten Höhenpunkte 1 und 5 mit den Fluchtpunkten verbinden.
Durch das Schneiden der Breitenlinie ergeben sich die anderen Eckpunkte des Objektes. (Die Schnittpunkte mit den vertikalen Körperkanten ergeben alle Eckpunkte.)
14. Einzeichnen weiterer Teilungslinien in der Höhe und Breite.
Vervollständigen des perspektivischen Bildes mithilfe der bekannten Darstellungstechniken.

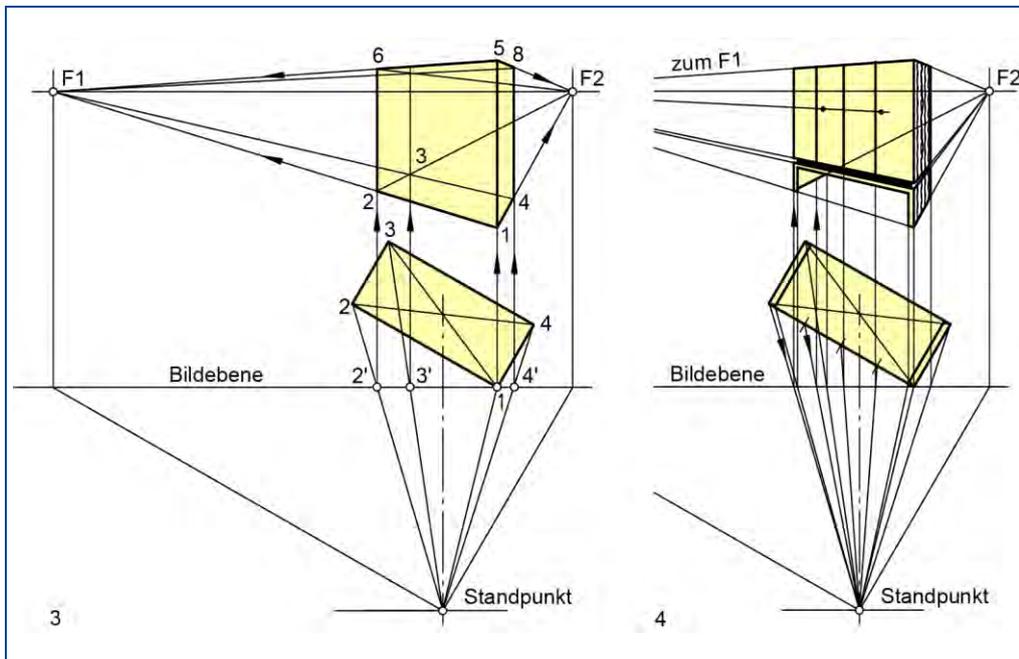


Abbildung 47: Ausgestaltung der Übereckperspektive

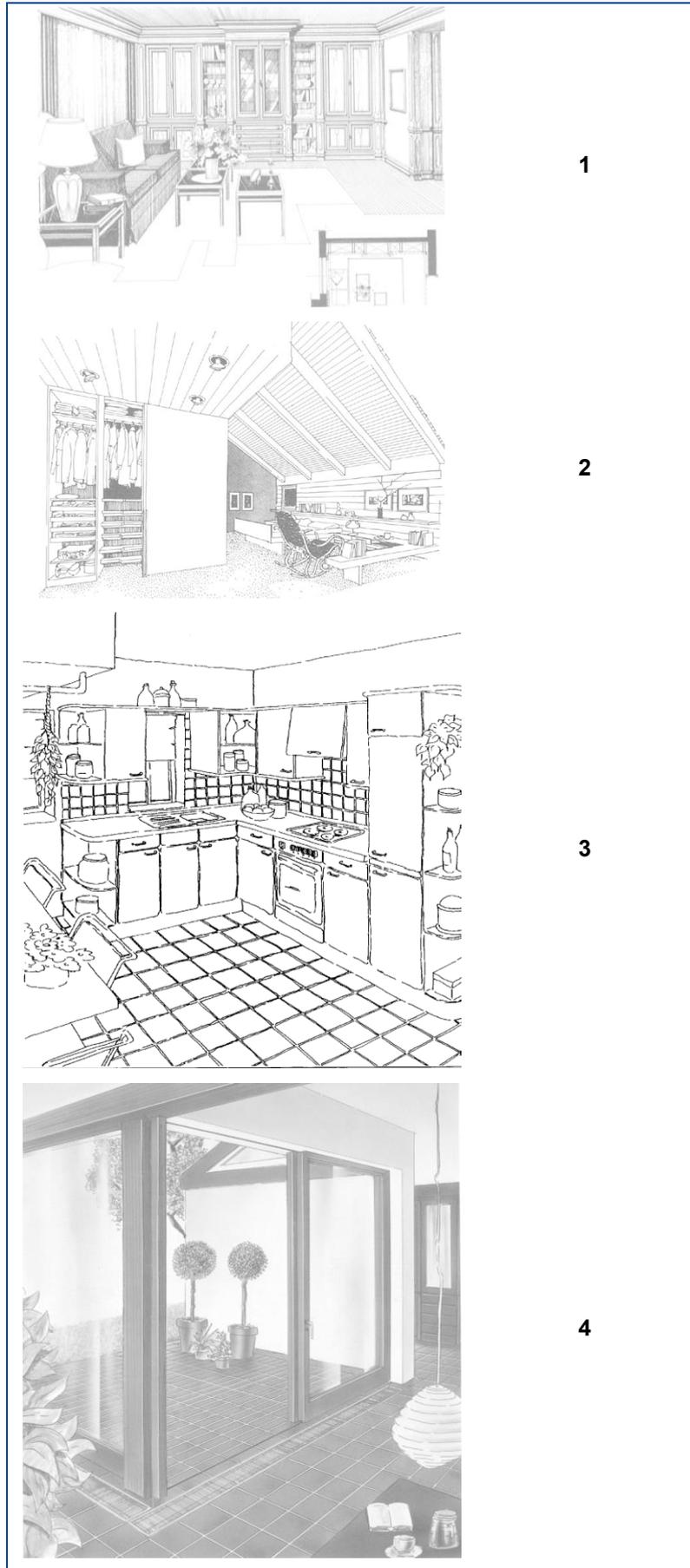


Abbildung 48: Beispiele (1 - 4) verschiedener Perspektivkonstruktionen

Alternative Konstruktionsmethode - Erstellung eines Raumbildes

Einfache Perspektiven oder dreidimensionale Abbildungen von Räumen und Objekten können auch auf ganz einfache Weise erstellt werden. Voraussetzung ist das Verständnis der unterschiedlichen Konstruktionsvorgaben bei Perspektiven. Grundlage dieser Methode sind Fotos und Bilder der räumlichen Gegebenheiten oder des Objektes.

Vorgabe: Inneneinrichtung eines Werkraumes

Auf der Grundlage der Entwurfsskizze soll ein Raumbild entstehen. Ausgewählt wird die innere Giebelwand mit dem vorgesehenen Mobiliar.



Abbildung 49: Entwurfsskizze

Aus einer Reihe von Fotos, die von den Räumlichkeiten gemacht wurden, wird das folgende ausgewählt, da es die ausgewählte Wand in einem guten Blickwinkel zeigt.



Abbildung 50: Foto von der inneren Giebelwand

Hilfslinien lassen sich ermitteln und einzeichnen, wie z.B. Fluchtlinien, Augenhöhe, Augenpunkt etc. durch die Linien der Raumbegrenzungen, die im Foto sichtbar sind.



Abbildung 51: Erstellung eines Raumbildes (Arbeitsschritt 1)

In die Hilfskonstruktion können zuerst unveränderliche bauliche Gegebenheiten eingefügt werden, danach kann das Skizzieren der geplanten Einrichtungsgegenstände beginnen. Die Hilfslinien sind später zu entfernen.

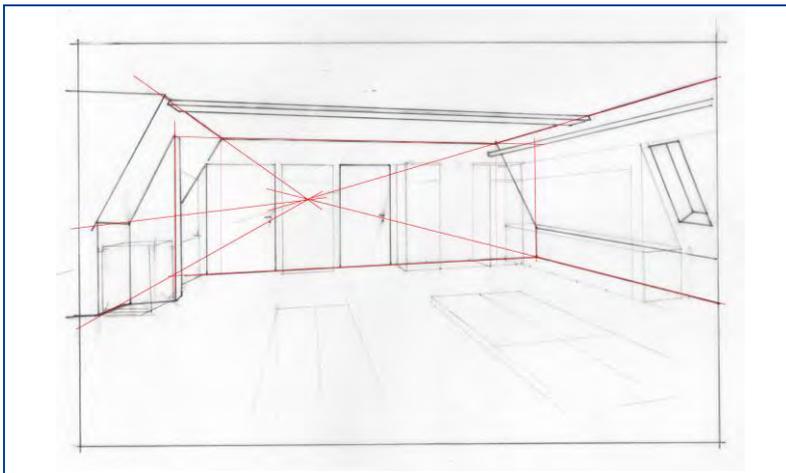


Abbildung 52: Erstellung eines Raumbildes (Arbeitsschritt 2)

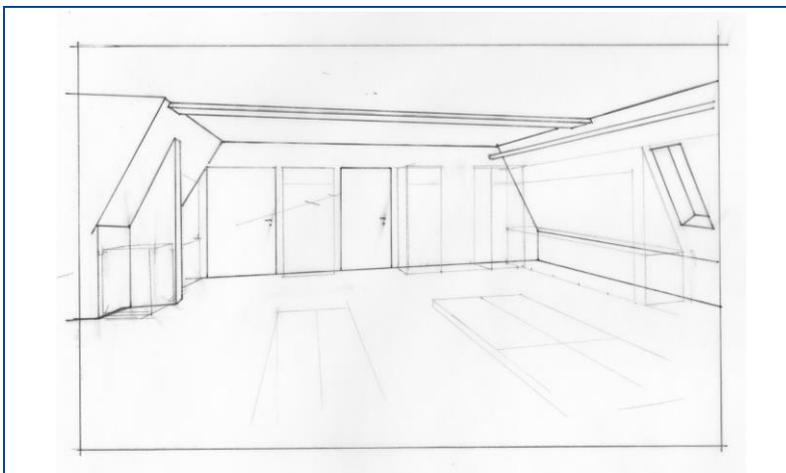


Abbildung 53: Erstellung eines Raumbildes (Arbeitsschritt 3)

Die so entstandene Perspektive kann zur besseren Erklärung des räumlichen Eindrucks noch mit verschiedenen gestalterischen Mitteln angelegt werden.

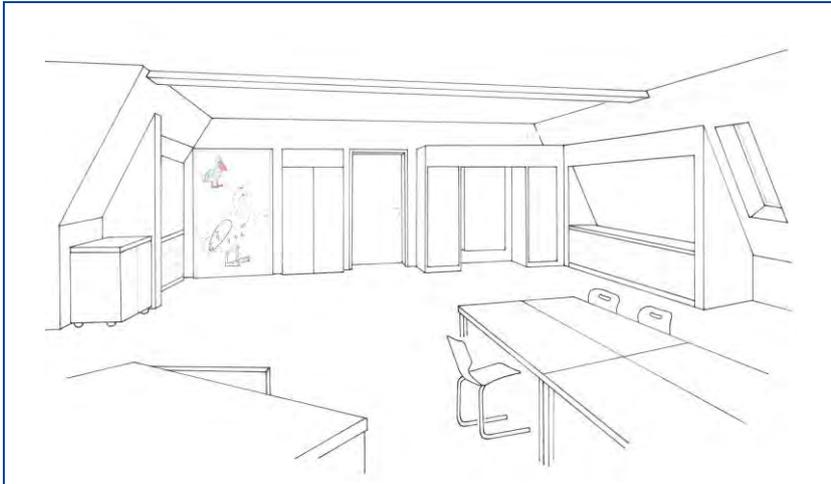


Abbildung 54: Erstellung eines Raumbildes (Arbeitsschritt 4)



Abbildung 55: Erstellung eines Raumbildes (Arbeitsschritt 5)

Diese Methode der dreidimensionalen Darstellung eignet sich für Räume und Gegenstände. Sie lässt sich per Hand, verschiedenen Zeichengeräten und -papieren sehr gut umsetzen, sie kann aber auch digital mit einfachen Zeichenprogrammen ge- und bearbeitet werden. Voraussetzung ist jeweils gutes Foto- und Bildmaterial.

3.2 Digitale Möbelgestaltung und –planung

Die technische Zeichnungserstellung hat sich im Laufe der Jahrhunderte stetig weiterentwickelt. Wurden früher die Zeichnungen per Hand mittels Zeichenbrett, Kurvenlineal, Schablone, Bleistift und Tuschestift erstellt, so werden heutzutage überwiegend Maus, Tastatur und andere Eingabegeräte genutzt um mithilfe von computerunterstützten Zeichenprogrammen technische Zeichnungen zu generieren.

CAD (**C**omputer **A**ided **D**esign) bezeichnet dabei das computergestützte Konstruieren bzw. die computerunterstützte Grafikerstellung mittels CAD-Software. Die Verwendung von CAD-Software hat nicht nur bei der Möbelgestaltung, sondern disziplinübergreifend große Bedeutung. So kann nahezu der komplette Konstruktionsprozess digital abgebildet

det werden. Dieser reicht von der Entwurfszeichnung bis zur Übergabe an die Fertigungsabteilung, und das sowohl zweidimensional (2D) als auch in dreidimensional (3D). Darüber hinaus können bei einigen Programmen auch fotorealistische Visualisierungen dargestellt werden sowie automatisch Stücklisten generiert und Zuschnittspläne und CNC (Computerized Numerical Control)-Maschinenprogramme erstellt werden.

Vorteile/Nachteile – Warum CAD?

Die Vorteile der CAD-Technologie liegen vor allem in der Zeitersparnis. Das Zeichnen an sich, das Bemaßen, Beschriften und schraffieren geht, bei gleichzeitiger Reduzierung der Maßfehler, deutlich schneller als die Zeichnung von Hand. Änderungen können deutlich schneller korrigiert und dokumentiert und realisiert werden. Die gesamte Prozesskette in der Konstruktion läuft durch den Einsatz einer CAD-Software deutlich schneller und dadurch auch kostensparender ab. Weiterhin zeitsparend wirkt sich die Nutzung und Verwendung von Bibliotheken (Zugriff auf genormte und bereits vorhandene Teile) aus. Varianten des zu erstellenden Möbels können relativ einfach erstellt werden. Mit einer 3D-Eingabe werden gleichzeitig alle Ansichten und beliebig viele Perspektiven ermöglicht. Stücklisten können nahezu automatisch generiert werden und an die Branchen- oder Kalkulationsprogramme weitergegeben werden, was wiederum eine rasche Kalkulation ermöglicht. CNC-Daten lassen sich direkt oder durch DXF (Drawing Exchange Format) -Übergabe generieren. Präsentationszeichnungen können in allen möglichen Darstellungsvarianten in kürzester Zeit abgeleitet werden.

Die Vorteile der CAD-Software sprechen für sich. Jedoch sollte auch einen Blick auf mögliche Nachteile geworfen werden. Diese sind zum einen hohe Investitionskosten. Hard- und Software für eine Vollversion einer kostenpflichtigen CAD-Software für mehrere Mitarbeiter ist nicht günstig. Hinzu kommen Wartungskosten und Kosten für regelmäßige Updates. Zudem ist, gerade bei Mitarbeitern, die erstmals mit CAD arbeiten, eine umfangreiche Einführung in das System und die verwendete CAD-Software erforderlich. Weiterhin müssen Mitarbeiter regelmäßig, z. B. bei Software-Updates, geschult werden.

2D-Modellierung

Bei der konstruktiven Darstellung kann unterschieden werden in 2D und 3D Modellierung.

Bei einer 2D-Konstruktion werden die Ansichten oder die Schnitte eines Objektes zeichnerisch in einer Ebene dargestellt. Die Arbeitsweise ähnelt dabei dem manuellen Zeichnen am Reißbrett.

Die 2D-Modellierung findet in jenen Bereichen Anwendung, wo zur Darstellung und Erklärung eines Bauteils ein 2D-Modell ausreicht bzw. wo die 3D-Modellierung in Relation zum Nutzen unwirtschaftlich wäre. Zudem können 2D-Modellierungen auch als Ergänzung bzw. zur Darstellung von Details eines Bauteils Verwendung finden.

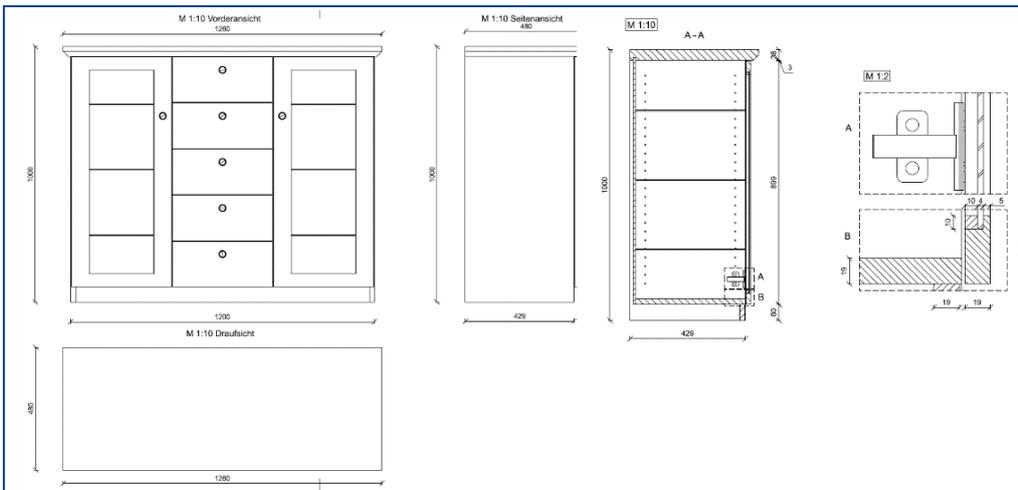


Abbildung 56: Beispiel 2D-Zeichnung (3-Tafel Projektion, Schnitt- und Detailzeichnung)

3D-Modellierung

Ein großer Vorteil von CAD-Systemen ist, dass die Möglichkeit besteht, auch räumlich (also in der dritten Dimension) zu arbeiten. Während bei einer 2D-Konstruktion lediglich die Ansicht oder der Schnitt eines Objektes zeichnerisch dargestellt wird, werden bei der 3D-Konstruktion die 3D-Objekte selbst geformt.

Zeichnungen werden häufig dann in 3D erstellt, wenn die Daten gleichzeitig für die Stücklistenenerstellung, zu Kalkulationszwecken, für die CNC-Maschinenprogramm oder für die räumliche Darstellung verwendet werden sollen.

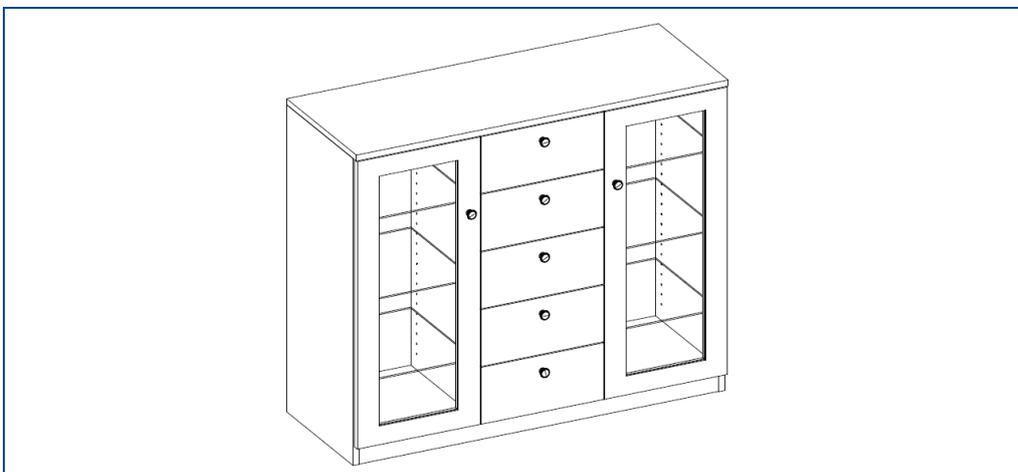


Abbildung 57: Beispiel 3D-Zeichnung

Das Zeichnen ist grundsätzlich aufwendiger als bei der zweidimensionalen Darstellung, da die dritte Dimension zusätzlich berücksichtigt werden muss. Jedoch verfügen viele branchenspezifische Programme für die Holzverarbeitung bereits über Konstruktionselemente wie Seiten, Böden, Rückwand oder Fronten. Neben den Eigenschaften wie Länge, Breite und Dicke können auch Informationen zu Material, Oberfläche, Kanten, Nuten und Bohrungen hinterlegt werden. Auch hier können aus Bibliotheken spezifische Beschläge eingefügt werden. Durch die branchenspezifischen Programme kann nicht nur die Zeichenarbeit vereinfacht, weil quasi auf Knopfdruck Stück- bzw. Materiallisten erstellt werden können, es können auch optimierte Plattenzuschnittspläne erstellt werden sowie die CNC-Maschinenprogramme generiert werden.

Bezüglich weiterer Darstellungsmöglichkeiten bieten viele Programme die automatische Schnitterstellung und Explosionszeichnungen an. Die erstellten Schnitte können beschriftet und häufig auch in einem separaten Fenster ausgegeben werden, wobei eine Verknüpfung mit dem zugrunde liegenden Modell bestehen bleibt. Ändert sich das Modell, werden in den Schnittzeichnungen automatisch assoziativ die Änderungen übernommen. Ebenso ist bei vielen Programmen die Ausgabe von Schnittzeichnungen als 2D-Zeichnung möglich.

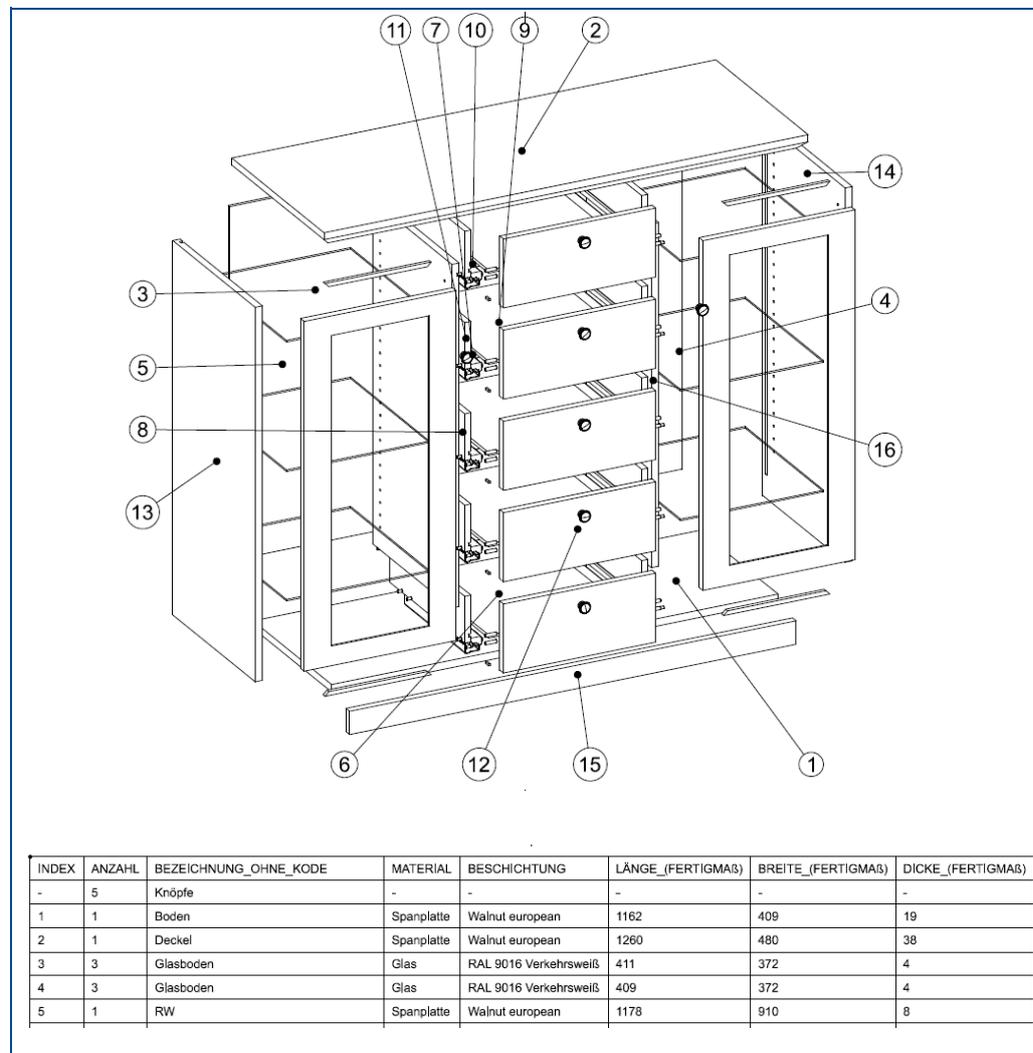


Abbildung 58: Beispiel Explosionszeichnung mit Stückliste (auszugsweise)

Virtueller Zeichentisch

Nahezu alle CAD-Programme basieren zwar auf den gleichen Grundlagen, unterscheiden sich jedoch in der Bedienung und Anwendung teils erheblich. Nachfolgend wird der virtuelle Zeichentisch dargestellt, wobei keine Allgemeingültigkeit für alle auf dem Markt verfügbaren CAD-Programme besteht. Es soll lediglich anwendungsorientiertes Basiswissen vermittelt werden.

Die **Benutzeroberfläche** setzt sich aus mehreren Bausteinen zusammen. Die unterschiedlichen Werkzeuge eines CAD-Programms werden durch Symbole und Menüs dargestellt. Der wichtigste Teil der Benutzeroberfläche ist der Zeichenbereich. Hier werden innerhalb einer zweidimensionalen Fläche (oder auch in einem dreidimensionalen Raum) Objekte gezeichnet und modifiziert.

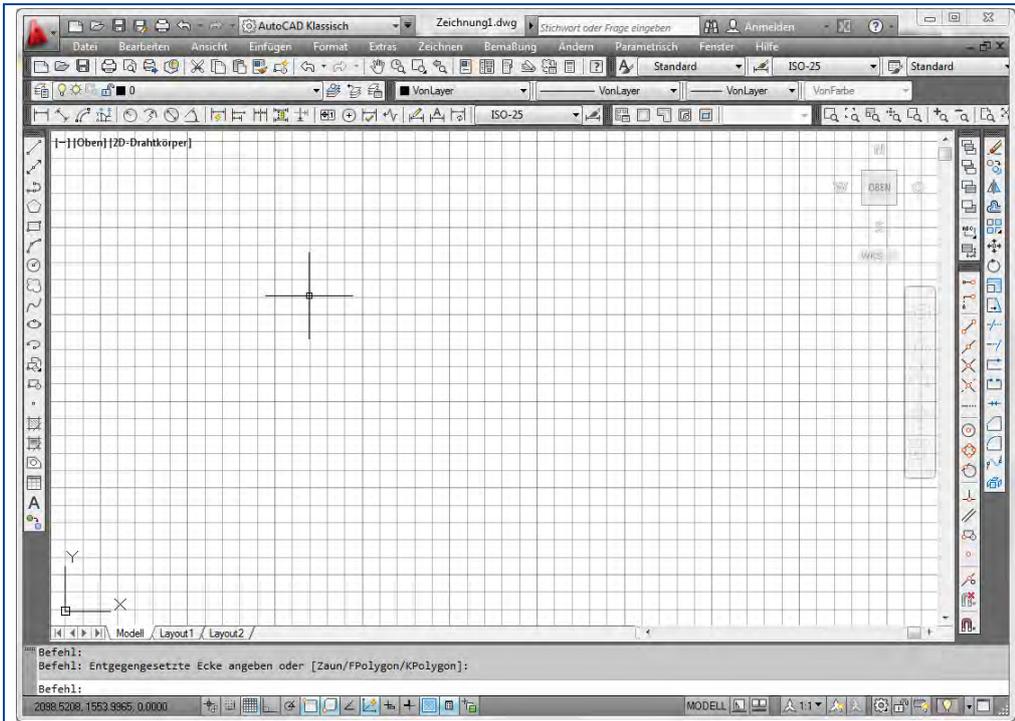


Abbildung 59: Beispiel einer CAD- Benutzeroberfläche (hier: AutoCAD)

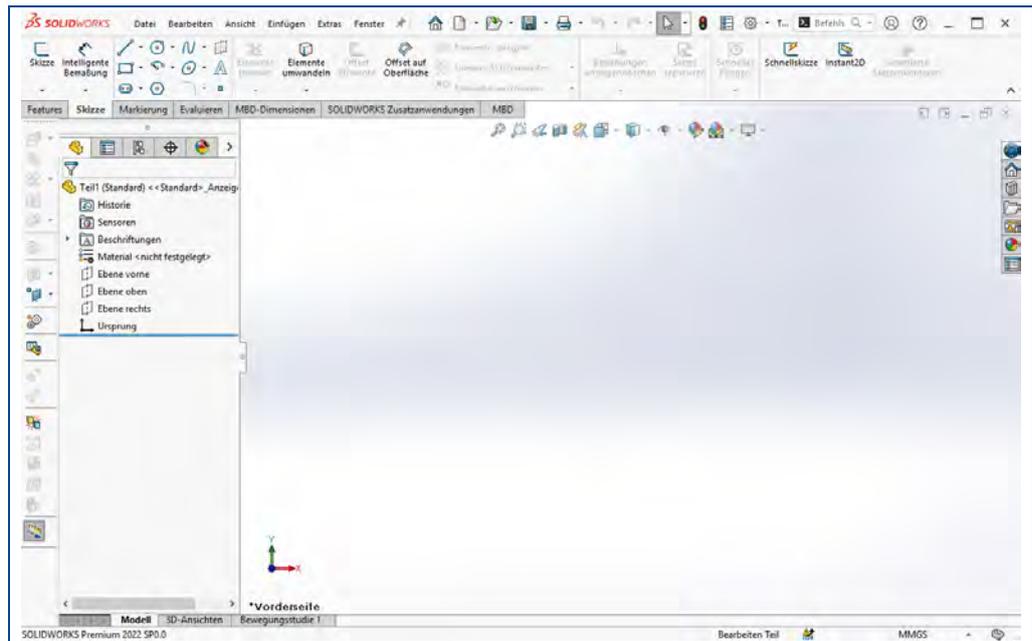


Abbildung 60: Beispiel einer CAD- Benutzeroberfläche (hier: SolidWorks)

Je nach CAD-Programm wird das Zeigegerät als Computermaus, Fadenkreuz, Pfeil oder ein anderes Sinnbild dargestellt.

Die Linieneigenschaften können individuelle vom Benutzenden hinsichtlich der Linienstärke, Strichart und Farbe definiert werden. Das dient zum einen der Übersichtlichkeit beim Zeichnen und zu anderen der Darstellungsmethodik, da verschiedenen Linien die unterschiedlichen Elemente einer Zeichnung veranschaulichen. Einige CAD-Programme bieten die Möglichkeit der maßstabsgerechten Darstellung der Linienstärken am Bildschirm.

Am oberen Rand des Menüfensters ist i. d. R. die Menüleiste angeordnet, welche die interaktiven Listen und die zusammengefassten Optionen des Programms beinhalten.

Beim Zeichnen mit CAD-Systemen wird in aller Regel in einem **Maßstab** von 1:1 gezeichnet. Ein Möbelstück mit einer Länge von 2 Meter wird also auch mit einer Länge von 2 Metern gezeichnet. Da die Projektionsfläche des Bildschirms jedoch nicht ausreicht, um das Möbelstück in voller Länge darzustellen, erfolgt die Darstellung in einem verkleinerten Maßstab. Der Bildschirmmaßstab gibt dabei das Verhältnis zwischen der Abbildung am Monitor und den realen Größen der gezeichneten Objekte wieder.

Vom Bildschirmmaßstab zu unterscheiden ist der Darstellungsmaßstab bzw. Bezugsmaßstab. Dieser gibt an, in welchem Maßstab das Projekt voraussichtlich gedruckt werden soll. Für das Drucken von Möbelzeichnungen sind die gängigsten Maßstäbe 1:5 und 1:10, wobei Details zumeist in einem Maßstab 1:1 oder 1:2 dargestellt werden. Bauteilunabhängige Elemente, wie z. B. Beschriftungen oder Bemaßungen, beziehen sich auf den Bezugsmaßstab, damit sie später beim Ausdruck in einer sinnvollen Größe dargestellt werden können.

Das **Koordinatensystem** definiert den virtuellen Zeichenbereich als eine Konstruktionsebene und ist das grundlegende geometrische Bezugssystem eines jeden CAD-Programms. Die Konstruktionsebene ist durch horizontale und vertikale Linien aufgeteilt (ähnlich wie bei einem Millimeterpapier). Punkte können so als Koordinaten festgelegt eindeutig zugeordnet werden, wodurch Lage und Form von Zeichnungselementen bestimmt werden kann.

Am häufigsten Verwendung findet das kartesische Koordinatensystem, welches im 2D-Bereich durch die senkrecht zueinanderstehenden Achsen x und y gekennzeichnet ist. Der Schnittpunkt beider Achsen kennzeichnet den Nullpunkt. Für den 3D-Bereich ist noch eine weitere Achse (z-Achse) erforderlich, welche den Schritt von der zweidimensionalen Fläche in den dreidimensionalen Raum ermöglicht.

Ähnlich wie bei einem transparenten Zeichenpapier können in CAD-Zeichnungen mehrere Ebenen übereinandergelegt werden. Die Systematik der Ebenstruktur dient der Übersichtlichkeit beim Zeichnen und dem schnellen und einfachen Zugriff auf bestimmte Zeichenelemente. Dieses **Ebenenprinzip** hat in den CAD-Programmen unterschiedliche Bezeichnungen, so wird dieses z. B. als Ebenen bei Graphisoft ArchiCAD, als *Layer* bei AutoCAD, als *Teilbilder* bei Nemetschek Allplan und als Quickfolien bei TopSolid beschrieben. Da das Prinzip dem Grunde nach jedoch dasselbe ist, wird zum besseren Verständnis nachfolgend weiterhin der Begriff der Ebene verwendet.

Bestimmte Inhalte einer Zeichnung können einer bestimmten Ebene zugewiesen und bei Bedarf ein- oder ausgeblendet werden. Auch das Sperren einzelnen (sichtbaren) Ebenen ist möglich, wodurch eine Ebene bearbeitet werden kann, ohne die andere versehentlich zu verändern. Die Ebenen lassen sich beliebig anlegen und verwalten. Die Planung eines Möbelstücks mit den verschiedenen Entwurfs-elementen kann auf diese Weise vereinfacht werden.

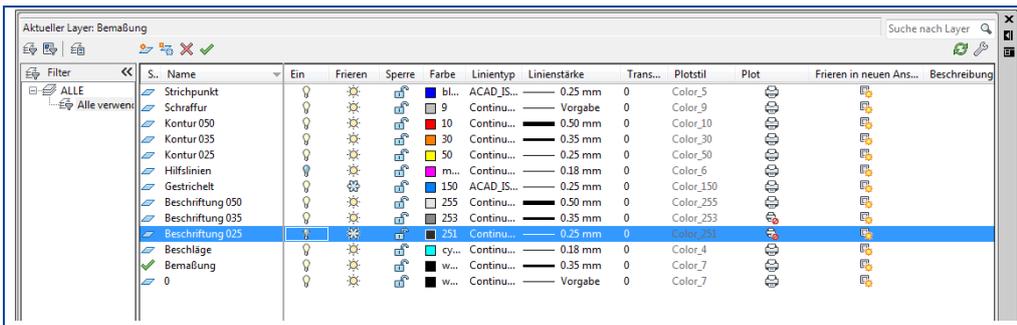


Abbildung 61: Beispiel Ebenstruktur als Layer bei AutoCAD

Zeichenfunktionen beschreiben die verschiedenen Wege, wie Formen gezeichnet werden können. Je nach CAD-Programm unterscheiden sich die einzelnen Funktionen. Meist besteht mehr als nur ein Weg um ans Ziel zu gelangen. Es ist daher zu empfehlen, die individuell einfachste und schnellste Methode zu finden.

Die Zeichenfunktionen für 2D-Zeichnungen sind insbesondere Linien, Strecken, Winkel, Rechteck, Kreis, Ellipse oder freie Kurve, welchen weitere Attribute zugewiesen werden können (wie bspw. Strichdicke, Strichart oder eine Farbe). Zudem lassen sich auch Texte, Symbole oder externe Bilddateien (bspw. eingescannte Handskizzen, welche als Vorlage dienen) einfügen.

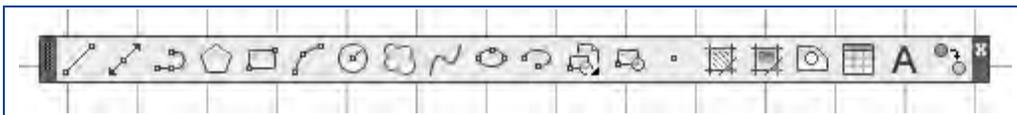


Abbildung 62: Beispiel 2D Zeichenfunktionen bei AutoCAD

Das Grundelement für 3D-Zeichnungen ist weniger die Linie als vielmehr ein Grundkörper wie z. B. Quader, Zylinder, Rohr, Kegel oder frei gewählte Körper. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften unterscheidet man dreidimensionale Objekte in Volumen-, Flächen- oder Kantenmodelle. Ein Volumenkörper ist ein massives Objekt, welchen u. a. Informationsgehalt besitzt hinsichtlich Masse, Schwerpunkt und Oberflächeneigenschaften. Flächenmodelle hingegen bestehen ausschließlich aus Flächen, auch

hier können Oberflächeneigenschaften hinterlegt werden. Ein Kantenmodell hingegen bildet mit dreidimensionalen Linien nur die Kanten eines Körpers ab. Aussagen zur Oberfläche oder Masse können nicht hinterlegt werden. Bei der Möbelkonstruktion spielen Kantenmodelle nahezu keine Rolle, da ihre Darstellungsmöglichkeiten sehr abstrakt und begrenzt sind.

Die Beschriftung von CAD-Zeichnungen erfolgt häufig mittels Texteditors, welcher verschiedene Parameter wie Schriftart, Zeichenstärke und -größe beinhaltet. Für die Bemaßung stehen unterschiedliche Bemaßungsmethoden zur Verfügung, z. B. lineare Bemaßung, Winkelbemaßung, radiale Bemaßung etc.

Ein wesentlicher Vorteil bei der Nutzung von CAD-Programmen ist, dass die Zeichnungen (auch nachträglich) bearbeitet und verändert werden können. Im Konstruktionsprozess kann somit schnell auf Veränderungen reagiert werden. Zudem können Zeichnungen als Vorlage abgespeichert und bei Bedarf beliebig angepasst werden.

Für die **Modifikationen** stehen unterschiedliche Funktionen zur Verfügung, welche von dem jeweiligen Programm abhängig sind. Die häufigsten Funktionen sind: skalieren, kopieren, strecken, spiegeln, drehen oder verschieben, löschen, gruppieren, verzerren und abrunden.

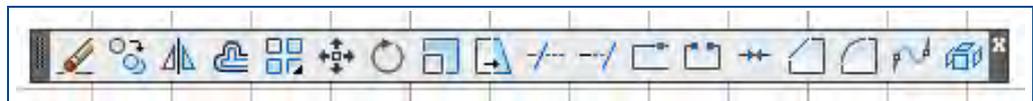


Abbildung 63: Beispiel Modifikationen AutoCAD

Verfügt die Software über Bibliotheken, bzw. wurden diese vorab angelegt, können diverse Komponenten, wie z. B. Beschläge, Verbindungen etc. durch gesetzte Fangpunkte punktgenau in die Zeichnung eingefügt werden.

Die zur Verfügung stehenden **Konstruktionshilfen** hängen von dem jeweiligen CAD-Programm ab, sie sind weder immer identisch, noch funktionieren sie immer gleich. Daher wird im Folgenden nur ein Auszug möglicher Konstruktionshilfen aufgezeigt.

Eine mögliche Konstruktionshilfe ist das **Raster**. Dieses kommt im Zuge der Möbelkonstruktion eher selten zum Einsatz, sondern wird überwiegend bei der Planung größerer Objekte genutzt (z. B. bei der Anordnung von Stützen bei Hallenkonstruktionen).

Eine weitere Hilfe ist die Fang-Funktion, womit Zeichenelemente innerhalb einer Zeichnung punktgenau ausgewählt werden können. Fangpunkte können auf verschiedene Weise konstruiert werden. Dazu dienen u. a. Endpunkte, Mittelpunkte, Ecken oder Schnittpunkte von zwei Objekten.

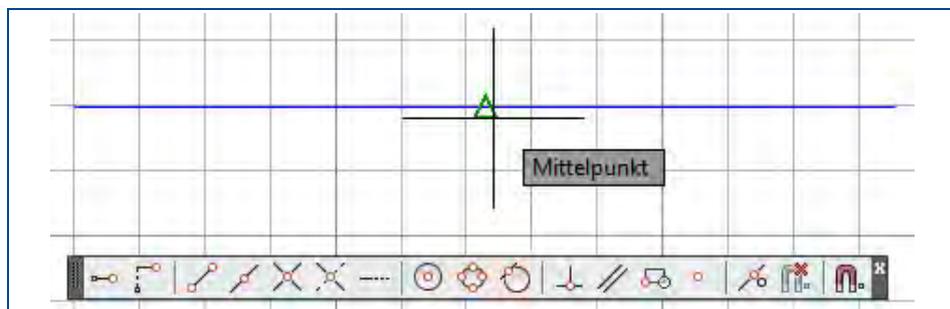


Abbildung 64: Beispiel Objektfang AutoCAD

Der Konstruktionsprozess

Der CAD-Zeichen- und Konstruktionsprozess läuft i. d. R. in drei Phasen ab:

- (1) Konzipierung von Lösungsvarianten und Entwurfszeichnungen (z. B. anhand von Handskizzen)
- (2) Gestaltung und Konkretisierungen von Lösungen sowie maßstäblicher Entwurf
- (3) Detaillierung der Fertigungsunterlagen (ggf. mit zugehörigen Stücklisten) und Darstellung der verwendeten Einzelteile

Visualisierungen

Durch Visualisierungen lassen sich nicht nur Planungsfehler aufdecken, der Kunde erhält einen realen Eindruck des Möbelstücks noch bevor dies in die Produktion geht. Zudem lassen sich Produkte verkaufstark in Szene setzen ohne teure und zeitaufwendige Fotoshootings. Visualisierungen können durch Rendering erzeugt werden. Der Begriff Rendering bezeichnet dabei die Transformation vom 3D-Modell in die fotorealistische Darstellung unter Berücksichtigung von Texturen, Effekten und/oder Lichtquellen. Für das Rendering stehen verschiedene Programme zur Verfügung, teilweise ist diese Funktion bereits in den CAD-Programmen integriert.

Die Vorgehensweise ist bei den meisten Programmen ähnlich. Zuerst wird das Objekt in den Raum platziert. Die Materialien des Möbelstücks (und des Raumes) werden für die einzelnen Flächen angegeben. Dafür stehen in der Materialdatei zahlreiche Holz- und Textilstrukturen, verschiedene Farben sowie Glas- und Metalloberflächen zur Verfügung. Ebenso können aus der Bibliothek gebräuchliche Gegenstände wie z.B. Lampen, Pflanzen, Bilder und Stühle geladen und platziert werden.



Abbildung 65: Beispiel Rendering

Für eine plastische Darstellung ist vor allem das Zusammenspiel von Licht und Schatten wichtig. Neben der Beleuchtungsart, und der Helligkeit ist auch die Platzierung im Raum von zentraler Bedeutung. Weiterhin ist die Wahl der richtigen Perspektive bedeutsam. Es sollte ein üblicher Blickwinkel gewählt werden, um gewohnte Parallelen zur Realität aufzuzeigen.

Datenfluss

Alle CAD-Programme operieren grundsätzlich mit vektorgrafischen Informationen, dabei verwenden die meisten Programme jedoch eigene Dateiformate. Diese sind oft nicht kompatibel und der Datenaustausch wird so erschwert. Als Datenaustauschformat für

Zeichnungen hat sich als Standard das DXF-Format durchgesetzt. DXF-Formate können von nahezu allen CAD-Programmen und auch von einigen Grafikprogrammen gelesen und geschrieben werden. Zu beachten ist jedoch, dass einige der CAD-Programme DXF-Dateien nur als 2D-Daten lesen und schreiben können, dabei können CAD-systemspezifische Besonderheiten wie Bemaßungen, Schraffuren usw. verloren gehen oder im Zielsystem nicht äquivalent dargestellt werden. Einige weiteren gängigen Arten CAD-Dateien sind .dwg, .stp, .eps.

Neben dem DXF-Format und eigenen Dateiformaten bieten manche CAD-Programme Schnittstellen zu ausgewählten Programmen an, damit ein reibungsloser Datenaustausch stattfinden kann. Beispielhaft hierfür sind die Render-Programme, welche zumeist als Zusatzsoftware benötigt werden, um hochwertige Visualisierungen zu ermöglichen.

Software

Das Angebot von CAD-Programmen ist groß, der Einstieg in die CAD Welt ist daher immer eine aufwendige Angelegenheit. Die Programme unterscheiden sich teilweise erheblich hinsichtlich der Funktion, des Preises und des Leistungsumfanges. So gibt es Programme, die Teil einer branchenspezifischen Gesamtlösung (inklusive Auftragsabwicklung, Kalkulation, Zeitwirtschaft etc.) sind, während sich andere wiederum auf die Bereiche Planung, Konstruktion und Fertigung konzentrieren. Einige Programme bieten die Möglichkeit direkt CNC-Programme aus dem CAD zu generieren, andere beinhalten eine Render-Funktion.

Erwähnenswert sind noch die sogenannte Korpusgeneratoren. Hierbei handelt es sich um Programme, bei denen durch Parametereingaben schnell und unkompliziert 3D-Möbelvarianten erstellt werden können. Dies ist zumeist bereits ohne Vorkenntnisse oder umfangreiche Einarbeitungszeiten möglich. Korpusgeneratoren werden häufig bei online Möbelunternehmen eingesetzt, bei denen der Kunde virtuell, durch Eingabe der Maße und Wahl der Möbelform, die eigenen Möbel konfigurieren kann.

An seine Grenzen stößt der Korpusgenerator jedoch, wenn Platten einfach oder mehrfach nicht rechtwinklig angeschnitten oder ausgeklinkt werden oder Möbelstücke Rundungen aufweisen. Eine Planungsfreiheit ist somit nur sehr eingeschränkt gegeben.

Besonderheiten und Vorteile bei spezifischen CAD-Programmen für die Möbelbranche wurden bereits unter Punkt 1.10.3 auszugsweise dargestellt.

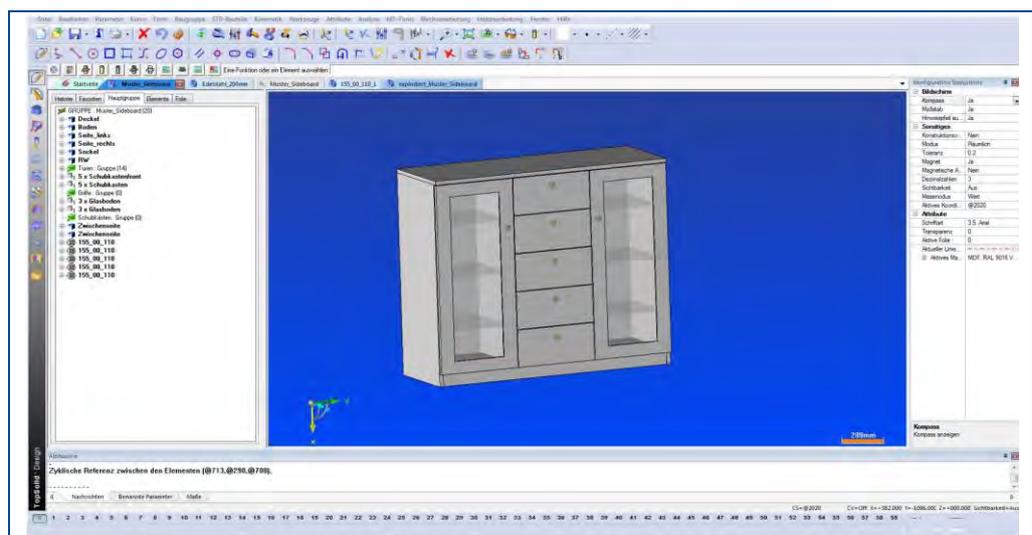


Abbildung 66: Beispiel branchenspezifische Software (TopSolid)

Vor Anschaffung eines Programmes ist es ratsam zu ermitteln, für welches System es sich lohnt, Zeit und Geld einzusetzen, um am Ende das gewollte Resultat zu erlangen.

4 Modul 2 LSK 7: „Grundlagen der Möbelgestaltung“

4.1 Möbelgestaltung am Beispiel von Einbauküchen

Beginn der Küchenfertigung

Die Entwicklung der heutigen Einbauküchen geht ganz wesentlich auf die Idee der **Frankfurter Küche** zurück. In den 1920er Jahren kam es aufgrund der fortschreitenden Industrialisierung im sozialen Wohnungsbau zu Platzproblemen mit einer großen Küche als zentralen Raum der Wohnung.

Die Wiener Architektin Margarete Schütte-Lihotzky hat in dieser Zeit eine Standardküche mit einer Stellfläche von 6,5 m² entwickelt. Erstmals wurden hierbei zeitlich optimierte Bewegungsabläufe beachtet. Diese Küche wird allgemein als der Prototyp der modernen Einbauküche gesehen.



Abbildung 67: Frankfurter Küche, Margarete Schütte-Lihotzky, 1926, Eigentum der Stiftung Hamburger Kunstsammlungen, MK&G, © Luther & Fellenberg, Hamburg

Obwohl die Abbildung der Frankfurter Küche ganz deutlich den Gedanken der Modularität zeigt, dauert es noch relativ lange, bis die deutschen Hersteller diese Systematik aufgreifen.



Abbildung 68: Die „Reformküche“ der Firma Poggenpohl von 1928, © Poggenpohl

Die Firma Poggenpohl ist einer der ersten Serienhersteller für Küchenmöbel und noch heute als Premiummarke bekannt. Obwohl beide Küchen aus der gleichen Zeit sind, hatte Poggenpohl für die Reformküche zwar eine funktionsgerechte Innenausstattung, mit separaten Schränken wie Spüle, Schuhschrank und Geschirrschrank, aber noch lange nicht den modularen Aufbau mit Funktionsmodulen der Frankfurter Küche. Mit diesem Vergleich wird die bahnbrechende Idee der Frankfurter Küche erst richtig deutlich. Die Module sind noch heute die Grundlage für die Verkaufskataloge der Küchenhersteller. Erst in den 1950er Jahren begann die Mengenproduktion der modularen Küche. Bis weit in die 1980er Jahre waren dies die goldenen Zeiten der Küchenfabriken.

Entwicklung der Küchengestaltung

Die Schrankhöhe der Unterschränke war fast bei allen Herstellern 72 cm, mit 10 cm Sockel und 4 cm Arbeitsplatte wurde eine Arbeitshöhe von 86 cm erreicht. Dies war in dieser Zeit, für die damalige durchschnittliche Körpergröße eine optimale Höhe. Größere Arbeitshöhen wurden durch Sockelhöhen bis zu 20 cm erreicht. Ein großer Schritt in der rationellen Küchenherstellung war auch die Verwendung des Systems 32. Dieses System wurde bereits im Kapitel zuvor vorgestellt. Bei 16 mm Materialstärke ergibt die Höhe 720 mm ein gerades Raster und somit eine komplette Seitenbohrung in einem Bohrhub ($720 \text{ mm} - 16 \text{ mm} = 704 / 32 = 22$). Der Basisschrank war ein Unterschrank mit Schubkasten oben und unterhalb mit einer Drehtür mit Einlegeböden.

Die Höhe der Schubkastenblende war den Höhen der Geräteschalterblenden angepasst, sodass diese Höhe kein durchgehendes Rastermaß ergibt. Mit der Korputiefe von 55 cm und der Standard-Arbeitsplatte von 60 cm ergab sich ein Überstand von 5 cm, der natürlich praktische Vorteile hatte und optisch dem Zeitgeschmack entsprach.

Die Unterschranktür von ca. 60 cm Höhe wurde für die Grundhöhe der Oberschränke verwendet. Bis in der heutigen Zeit wird versucht die Türgrößen für verschiedene Schranktypen zu verwenden. Dies verringert die Lagerhaltung und spart damit erhebliche Kosten.

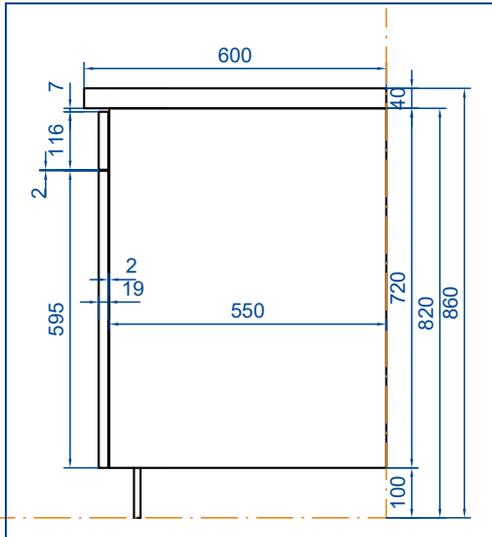


Abbildung 69: Maßzeichnung Unterschrank mit Korpushöhe 72 cm

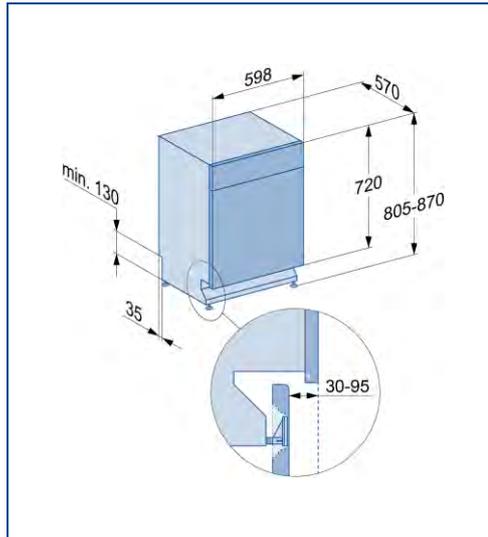


Abbildung 70: Maßzeichnung Geschirrspüler

Die Korpushöhe 72 cm ist auch heute noch bei sehr vielen Herstellern vertreten und auch in der Hausgeräteindustrie als Standard verfügbar. In der rechten Abbildung oberhalb ist ein Geschirrspüler für den Einbau im Zusammenhang mit der 72 cm Korpushöhe abgebildet.

In der Anfangszeit der Küchenentwicklung gab es im Prinzip nur Schubladen und Einlegeböden. Erst zu Beginn der 1990er Jahre wurden die Auszüge entwickelt. Ein Auszug ist eine Schublade mit höherer Front, die mit einer Relingstange stabilisiert wird.

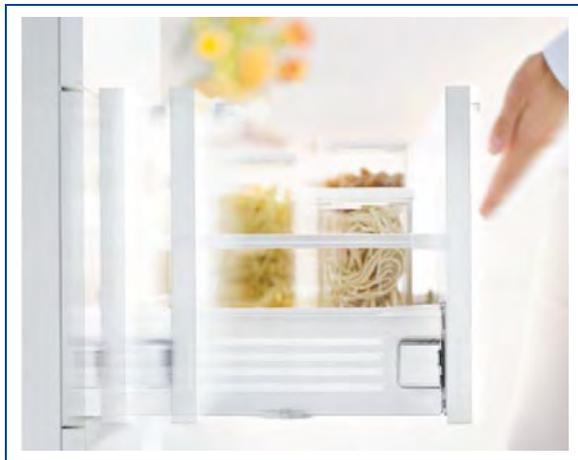


Abbildung 71: Auszug mit Relingstange der Firma Blum, © Julius Blum GmbH, Austria

Zusammen mit den verbesserten Führungssystemen veränderte die Planung mit Auszügen den Komfort in der Küche erheblich. Die Auszüge wurden als Vollauszug angeboten und so konnte der Inhalt in angenehmer Höhe gut entnommen werden. Wurden Teller oder Töpfe zuvor immer auf Einlegeböden abgestellt, so konnten jetzt die höheren Auszüge auch mit wesentlich mehr Komfort für diese Dinge genutzt werden. Um die höheren Auszüge in das Maßsystem von 72 cm unterzubringen, wurde die Tür unterhalb des Schubkastens in der Mitte geteilt.

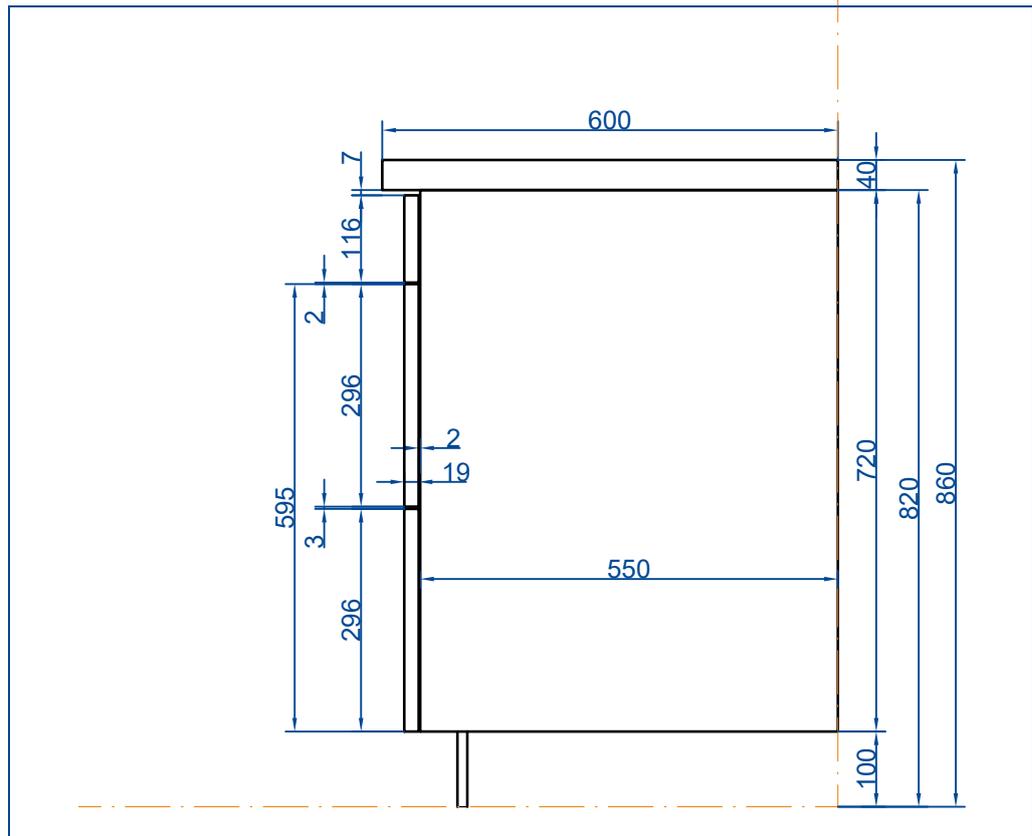


Abbildung 72: Unterschrank Korpushöhe 72 cm mit Schublade und 2 Auszügen

Die Menschen wurden größer und somit auch die Höhe der Arbeitsflächen. Ein 20 cm hoher Sockel verschenk viel Stauraum. Als Antwort auf diese Forderungen boten die Hersteller sogenannte XXL-Höhen an. Auf die Korpushöhe von 72 cm wurde ein Schubkasten aufgesetzt. Die durchgehende Tür des 72 cm Korpus mit dem aufgesetztem Standard-Schubkasten ergeben somit eine Höhe von ca. 84 cm. Mit 20 cm Sockel und 4 cm Arbeitsplatte waren bis max. 108 cm Arbeitshöhe erreichbar.

Küchen mit Rastersystem

Mittlerweile wurde immer mehr die Linienführung der Fugen zwischen den verschiedenen Fronthöhen zum Problem. Der Trend ging von der verspielten Landhausküche immer mehr zur modernen schlichten Gestaltung.

Ein Wegbereiter für diesen Trend war die Firma Bulthaupt. In Zusammenarbeit mit Otl Aicher einem Vordenker des Corporate-Identity-Gedankens wurde ein völlig neuer Küchenauftritt geschaffen. Grundlage der Küchenkonstruktion war ein durchgehendes Raster, die Gestaltung mit Wangen, Oberböden und klaren Linienführungen bei den Fugen. Bulthaupt wählte das 125 mm Raster und wurde zum Vorbild für viele andere Küchenhersteller.

Im Laufe der Zeit stellten fast alle Küchenhersteller auf die Rastersystematik um oder haben die alte 72 cm Höhe noch als zweite Linie im Programm. Es gibt mehrere Möglichkeiten der Rasterung, die wichtigsten Raster in der Küchenindustrie sind:

- 125 mm
- 130 mm
- 150 mm

Weit verbreitet ist das 130 mm Raster und soll daher innerhalb dieses Kapitels näher betrachtet werden. Die Entscheidung der Hersteller für ein Raster ist von vielen Komponenten abhängig. Die Rasterhöhe beeinflusst unter anderem:

- Die Arbeitshöhe
- Die Sockelhöhen
- Die Geräteeinbauten
- Die Nischenhöhe (Höhe zwischen Arbeitsplatte und Oberschränke)
- Die Nutzhöhe von Schubkästen und Auszügen
- Die Anzahl von Schubkästen oder Auszügen im Unterschrank
- Die Verfügbarkeit von Beschlägen

Die Vorteile bei der Planung mit Rastermaßen werden besonders bei modernen Küchen beim Übergang der verschiedenen Korpshöhen deutlich. Es können alle Korpshöhen „gestapelt“ werden und trotzdem passen die Fugenmaße der Fronten. Stapeln kann hier durchaus auch wörtlich verstanden werden, denn durch das immer gleiche Fugenmaß beim Raster passen alle Höhen zusammen. Gestapelt wird in der Praxis aber nur in Ausnahmefällen, da die Hersteller fast alle Stapelmöglichkeiten der Rasterhöhen als fertige Elemente im Programm haben.

Die Erläuterung der Vor- und Nachteile der einzelnen Raster ist komplex und sprengt den Rahmen dieses Kapitels. Die nachfolgende Abbildung erläutert den Begriff Raster.

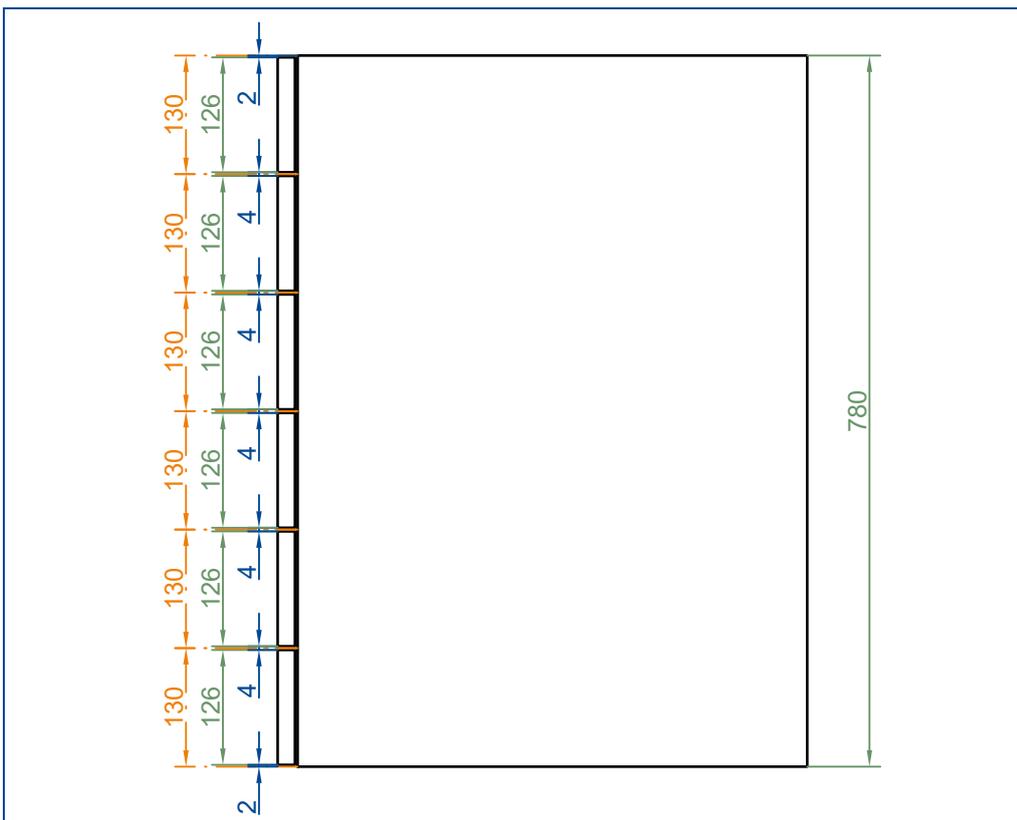


Abbildung 73: Rastermaß 130 mm mit Front- und Fugenmaßen

Das Frontmaß ist jeweils 4 mm kleiner wie das Raster, also 126 mm. Damit ergibt sich ein Fugenmaß von 4 mm zwischen den Fronten und jeweils 2 mm oben und unten. Für die Frontbreite wird vom Planungsmaß in der Breite auch 4 mm für die Breite der Front abgezogen. Beim Montieren der Schränke nebeneinander entsteht so auch zwischen

den Fronten eine 4 mm Fuge. Die 4 mm Fuge ist technisch mit allen Beschlägen möglich und ergibt optisch ein schönes modernes Fugenbild. Das Raster wird bis auf 17 Raster hochgezogen und ergibt so eine max. Hochschrankhöhe von 2210 mm. Die übliche Hochschrankhöhe ist mit 2080 mm ein Raster kleiner. Zu diesen Maßen kommen jeweils noch die Sockelhöhen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Standardanordnung der Schränke im Raster 130. Der Unterschrank hat 6 Raster und somit eine Türhöhe von 776 mm. Der Standardhochschrank hat mit 16 Rastern eine Höhe von 2080 mm und begrenzt die obere Planungslinie. Mit der gleichen Korpushöhe beim Oberschrank wie beim Unterschrank, ergibt sich eine Rasternische von 520 mm. Die tatsächliche Nische reduziert sich um die Arbeitsplattenstärke. Von allen Herstellern werden auch höhere Hochschränke mit in der Regel einem Raster zusätzlich angeboten. Diese sind dann mit 17 Rastern bei einer Höhe von 2210 mm. Auf diese max. Schrankhöhe sind auch die Maschinen der Küchenindustrie ausgerichtet. In neuerer Zeit werden auch des Öfteren noch größere Höhen bis zu 2600 mm verlangt. Bei der normalen Zimmerhöhe von 2500 mm ist dies nicht möglich, aber im Premiumsegment werden auch Luxusvillen und hochwertige Altbauten mit entsprechenden Küchen ausgestattet. Auch wenn bei einer Höhe von 2600 mm + Sockel der obere Bereich kaum erreichbar ist, haben diese Planungen doch einen besonderen architektonischen Reiz.

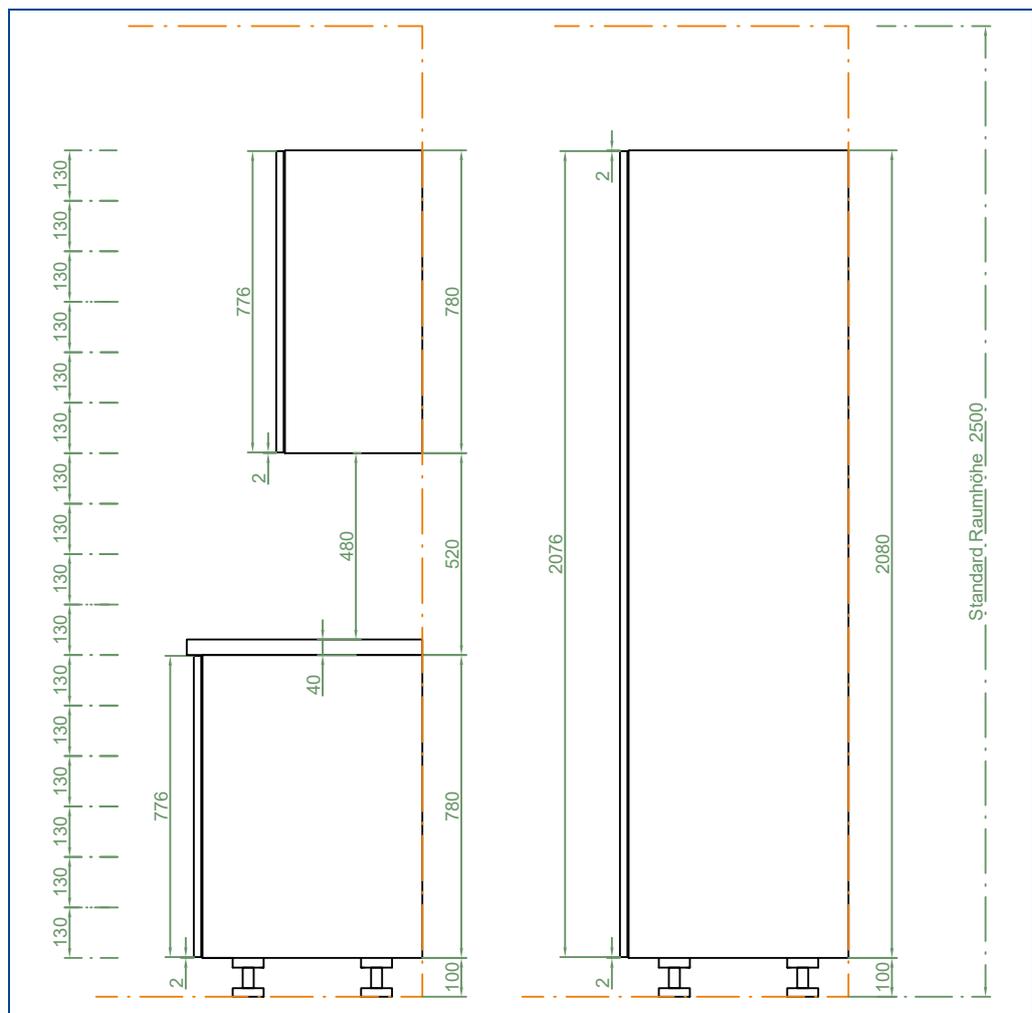


Abbildung 74: Maßraster 130 mm mit Unterschrank, Oberschrank, Nische und Hochschrank

Die nachfolgende Abbildung zeigt die kompletten Frontabmessungen einer Küchenmöbelfabrik für das Raster 130. Gut zu erkennen ist auch die Kombination der Frontabmessungen, um alle gängigen Planungen abzudecken. Die Abbildung zeigt natürlich nicht alle Kombinationsmöglichkeiten, sondern nur die Standard-Frontabmessungen. Die Kombination der Fronten und die Technik hinter den Fronten werden in den Verkaufshandbüchern der Hersteller aufgelistet. Dies sind in der Regel hunderte von Seiten.

Die Zahlen unterhalb und oberhalb der Abbildungen sind die jeweiligen Frontbreiten (Schrankbreite – 4 mm). So sind unten rechts bei der Fronthöhe 386 mm die Frontbreiten für diese Fronthöhe aufgelistet. Die Fronthöhe 386 mm ist eine sehr gebräuchliche Höhe und wird daher in allen Standard-Schrankbreiten angeboten. Zu den üblichen Schrankbreiten gehören:

Schrankbreite: 300 mm	Frontbreite: 296 mm
Schrankbreite: 400 mm	Frontbreite: 396 mm
Schrankbreite: 450 mm	Frontbreite: 446 mm
Schrankbreite: 500 mm	Frontbreite: 496 mm
Schrankbreite: 600 mm	Frontbreite: 596 mm
Schrankbreite: 800 mm	Frontbreite: 796 mm
Schrankbreite: 900 mm	Frontbreite: 896 mm
Schrankbreite: 1000 mm	Frontbreite: 996 mm
Schrankbreite: 1200 mm	Frontbreite: 1196 mm

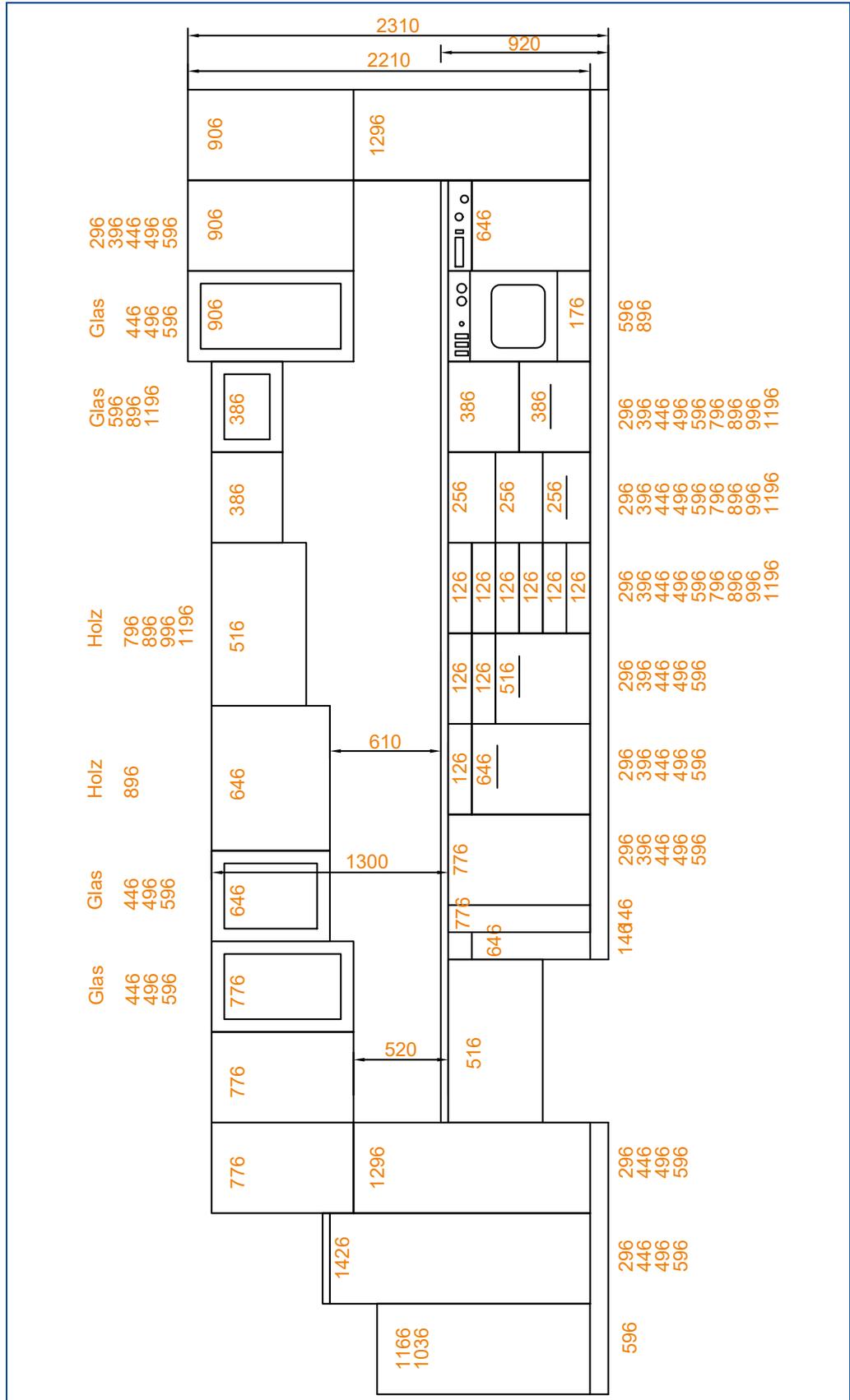


Abbildung 75: Anordnung der Frontabmessungen im Rastersystem 130 zur Ermittlung der Frontabmessungen

Die wichtigste Schrankbreite ist 600 mm. Fast alle Einbaugeräte sind auf die Breite 600 mm abgestimmt. Der Text „Glas“ in der Abbildung steht für Glasrahmentüren. Die Anzahl der Standard-Frontabmessungen ist für die Küchenhersteller eine wichtige Größe. Werden Frontprogramme auf Lager bestellt, hat dies durch die Massenherstellung erhebliche Kostenvorteile. Da von jeder Abmessung Mindestbestellmengen auf Lager gelegt werden müssen, gibt es oft Diskussionen ob die eine oder andere Frontabmessung notwendig ist. Eine Darstellung wie in der Abbildung vereinfacht die Diskussion.

Die Fugengröße und auch die genaue Frontbreite ist nicht vom verwendeten Raster abhängig. Das Beispiel mit 4 mm wird häufig verwendet und ist optisch sehr ansprechend. Die Entscheidung für eine oder andere Fugenbreite kann durch konstruktive Aspekte oder durch Designaspekte bestimmt sein. Technische Gesichtspunkte sind z.B. Mindestfugen bei Scharnieren und besonders bei Kühlschrank-Scharnieren. Einen weiteren erheblichen Einfluss hat die Frontstärke. Diese beeinflusst auch die Fugenbreite. In diesem Kapitel geht es nicht um die technische Küchenkonstruktion, daher sollen diese Details hier auch nicht weiter erörtert werden.

Planungstiefen und Korpusstiefenmaße

Auch die Korpusstiefen sind unabhängig vom Rastersystem. Im Wesentlichen wird die Korpusstiefe von den Geräteeinbauten, den Anforderungen der Ergonomie und den Kundenwünschen bestimmt.

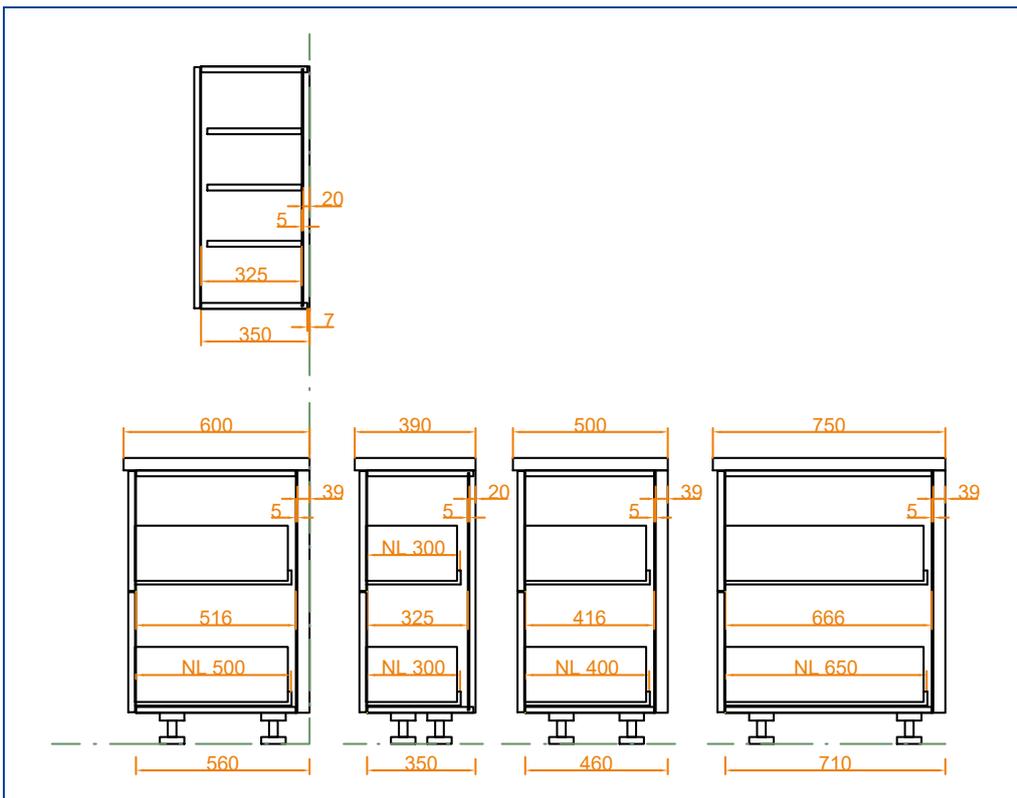


Abbildung 76: Typische Tiefenmaße von Küchenschränken

Den wohl größten Einfluss auf die Maße in der Küche hatte und hat noch immer die **AMK** (Arbeitsgemeinschaft Die Moderne Küche). Gegründet wurde diese von 12 Küchenherstellern 1956, sie hat die Rechtsform eines eingetragenen Vereins. Mitglieder sind auch die Gerätehersteller, denn ohne die Integration von Einbaugeräten ist die Küche heute nicht mehr denkbar.

Aus dieser Zeit kommt auch das Standard-Tiefenmaß der Arbeitsplatte von 60 cm. Eine typische Korpus-tiefe ist heute 560 mm. Sie kann von Hersteller zu Hersteller geringfügig variieren. Der Rückwandeinsprung von ca. 40 mm wird durch die erforderlichen Lüftungsquerschnitte der Kühlgeräte bestimmt. Dieser ist bei den Hochschränken mit 200 cm² erforderlich und wird daher auch bei den Unterschränken übernommen. Einen weiteren Einfluss auf die Korpusmaße haben die Innenausstattungen der Schränke, besonders die Schubladen und Auszüge. In der Küchenindustrie wird in der Regel mit Schubkastenzargen aus Metall gearbeitet. Diese haben festgelegte Maße und sind nicht kürzbar. Bei einem Schubkasten oder Auszug gibt es viele Maße für die Tiefe. Diese sind:

Mindesteinbautiefe

Führungsschienenlänge

Box Außenmaß in der Tiefe

Innenmaß / Nutzmaß der Box in der Tiefe

Um eine eindeutige Zuordnung und einen einfachen Sprachgebrauch zu haben wird hierfür der Begriff **NL (Nennlänge)** verwendet. Das Maß ist in der Regel die größte Tiefe der kompletten Einheit.

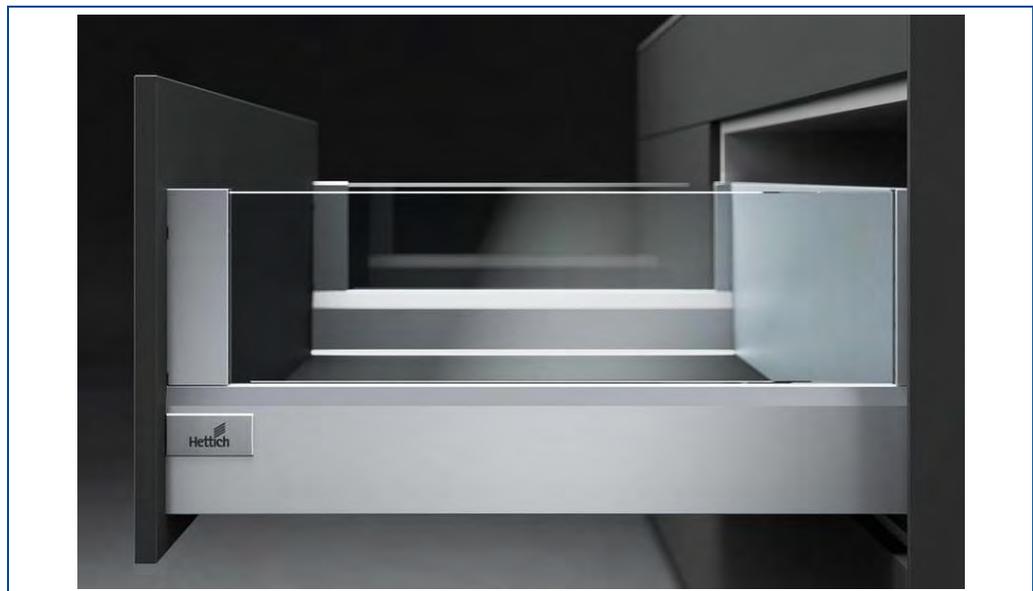


Abbildung 77: Auszugszarge ArciTech der Firma Hettich in NL 500. © Hettich

Die zuvor beschriebene Version mit Schubkastenzarge und Rellingstange wird heute fast nur noch im preiswerten Bereich eingesetzt. Eine Ausführung mit geschlossener Seite hat gegenüber der Rellingstange großen praktischen Nutzen und eine hohe gestalterische Qualität. Es gibt weitere Varianten mit Holzfüllungen oder Metallfüllungen in kundenbezogenen Farben, anstelle der Glaseinsätze.

Bedingt durch die festen NL der Boxhersteller, den Anforderungen der Ergonomie und die Stauraumnutzung haben sich neben der Standardtiefe von 560 mm eine verminderte Tiefe von 460 mm die Oberschränktiefe von 350 mm und eine max. Tiefe von 710 mm durchgesetzt. Auch diese Tiefenmaße variieren je nach Hersteller geringfügig.

Bei den Oberschränken ist eine typische Tiefe für den Korpus 350 mm. Diese Tiefe bietet ausreichend Platz für übliches Geschirr und kann mit einfachen Aufhängebeschlägen, selbst bei großen Schränken, sicher aufgehängt werden. Größere Tiefen sind fast immer ergonomisch ungünstig und werden nur für besondere Planungen angeboten.

Begriffe und Bezeichnungen bei der Küchenplanung

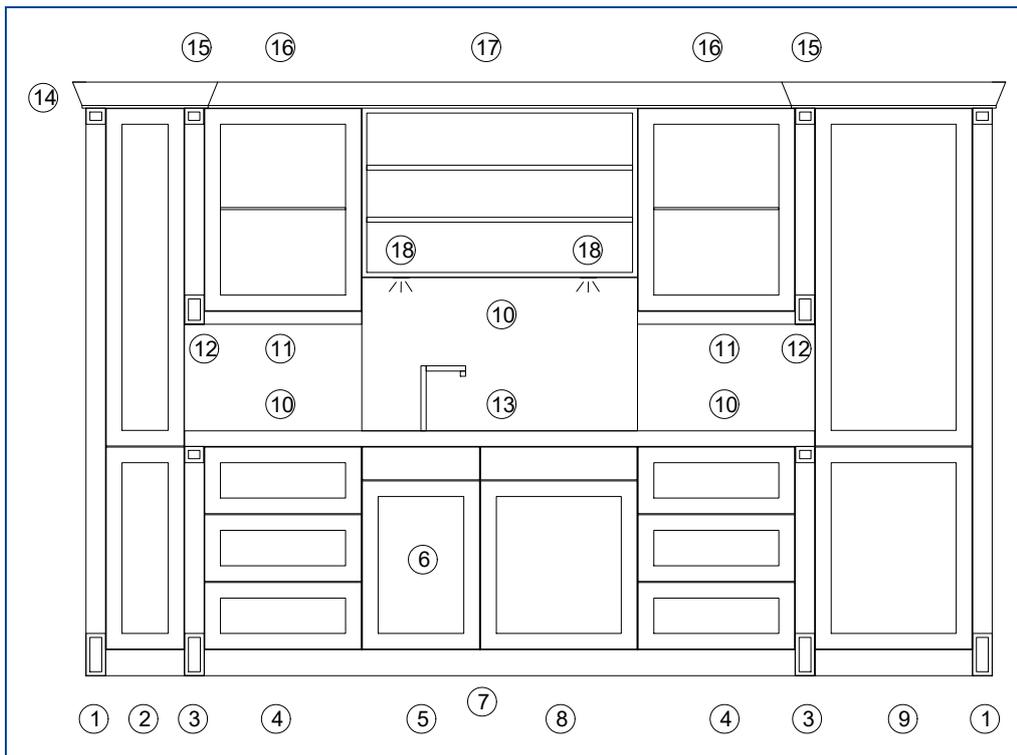


Abbildung 78: Ansicht einer Küchenzeile in traditioneller Stilausführung (Darstellung ohne Griffe)

15. Hochschrank-Außenpilaster links / rechts
16. Vorratshochschrank mit Apothekerauszug
17. Unterschrank-Mittel-Pilaster
18. Unterschrank mit 3 Auszügen
19. Spülenschränk mit fester Blende und Drehtür links
20. Wasseranschluss für Spüle und Geschirrspüler
21. Sockelblende
22. Verbundene Geschirrspülerfront
23. Kühlgeräte Hochschrank rechts
24. Nischenplatte
25. Lichtleiste
26. Sichtseite links / rechts
27. Arbeitsplatte mit eingebauter Spüle
28. Kranzleiste
29. Oberschränk-Mittelpilaster
30. Glasoberschrank mit Glasboden links und rechts
31. Oberschränkregal
32. Spotbeleuchtung im Unterboden

Pilaster sind typische Gestaltungselemente einer Stil- oder Landhausküche. Die Hersteller unterscheiden bei vielen Elementen nach linker oder rechter Ausführung, zusätzlich wird beim Pilaster auch noch nach der Mittelausführung unterschieden. Die Unterscheidung hat auch Kostengründe, da immer wo eine Seite nicht sichtbar ist, Material gespart werden kann. Bei Schränken ist die Ausführung links oder rechts immer die Scharnieranschlagseite.

Der Spülenschränk hat im oberen Teil eine feste Blende, diese verdeckt den Blick auf die Spüle. Der Geschirrspüler wird nicht in einen Schrank eingebaut, sondern in eine Nische zwischen zwei Schränken montiert. Die Abbildung zeigt einen vollintegrierten

Geschirrspüler, wobei die Möbelfronten das Gerät vollständig verdecken. Zur Montage müssen die Frontteile (Frontblende oben und Tür) verbunden werden.

Der Korpus hat in der Regel nicht die Farbe der Fronten und ist oft weiß oder grau. Ist eine Schrankseite sichtbar, möchte der Kunde diese Seite nicht in weiß oder grau haben, sondern möglichst in Frontfarbe. Dafür wird bei der Bestellung die Ausführung Sichtseite links oder rechts verwendet. Pilaster, Kranz- und Lichtleisten sind die alt hergebrachten Elemente einer Stilküche. Hinter der Lichtleiste werden in der Regel Beleuchtungen montiert, die durch diese verdeckt werden.

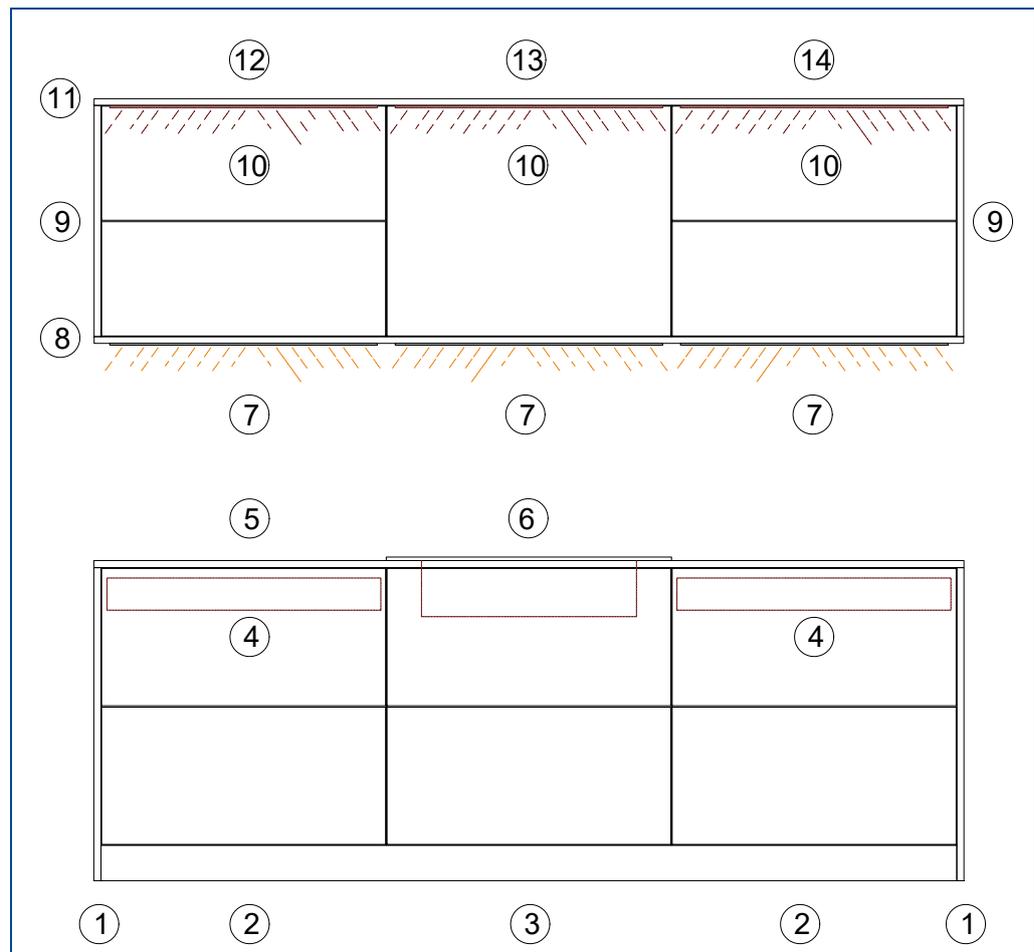


Abbildung 79: Ansicht einer Küchenzeile in moderner minimalistischer Ausführung

- 33. Unterschrankwange aus Arbeitsplattenmaterial
- 34. Unterschrank mit 2 Auszügen
- 35. Kochstellenschrank mit 2 Auszügen und Innenblende
- 36. Innenschubkasten hinter Auszugsfront
- 37. Arbeitsplatte 20 mm stark aus Quarzstein
- 38. Kochfeldabzugssystem
- 39. Langfeld-LED-Beleuchtungssystem im unteren Abdeckboden
- 40. Unterboden / Abdeckboden unten in Frontfarbe
- 41. Oberschrank Wange links / rechts in Frontfarbe
- 42. Innenschrank Langfeldleuchte im Oberboden
- 43. Abdeckboden in Frontfarbe
- 44. Klappenschrank mit 2 Einzelklappen
- 45. Klappenschrank mit Schwenklappe
- 46. Klappenschrank mit Faltklappe

Moderne Küchen werden heute oft sehr puristisch und gradlinig geplant. Dünne Arbeitsplatten aus modernen Werkstoffen wie Quarzstein und Keramik sind wichtige Gestaltungsmittel. Obwohl nicht besonders praktisch wird oft die Besteckschublade als Innenschublade hinter einer Auszugsfront positioniert. Die Kochfeldabzugssysteme haben die traditionellen Dunsthaubenschränke so gut wie verdrängt. Bei diesen Systemen ist in dem Kochfeld ein Dunstabzugsmodul integriert, welches den Dunst nach unten abzieht. Besonders gut geeignet sind für diese Systeme Auszugsschränke wie abgebildet. Zur Wartung und Filterwechsel kann der obere Auszug herausgenommen werden und gibt den Zugang zu Filter und Technik frei. Ein Nachteil ist der Platzbedarf für die Lüftungstechnik. Bei fast allen Systemen, besonders bei denen mit Abluftanschluss, müssen Auszüge und Schubladen gekürzt werden.

Anstelle von Kranz- und Lichtleisten werden moderne Küchen mit Wangen und Unter- und Oberböden geplant. Diese werden frontbündig gesetzt und geben mit den Fronten das Bild von einliegenden Türen. Oberschränke werden oft mit Klappenbeschlägen ausgestattet. Die nachfolgenden vier Abbildungen (alle © Julius Blum GmbH, Austria) zeigen die unterschiedlichen Klappenausführungen.



Abbildung 80: Hochklappenbeschlag



Abbildung 81: Hochschwenklappe



Abbildung 82: Liftklappe

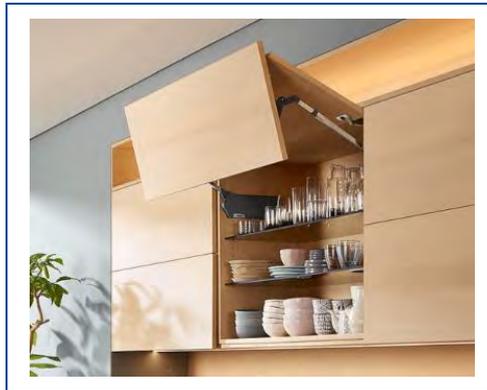


Abbildung 83: Faltklappenbeschlag

Ein wichtiges Thema in modernen Küchen ist auch die Beleuchtung. Oft werden heute Langfeld-LED-Leuchten in die Möbelböden bündig eingefräst. Diese ermöglichen einerseits die Innenschrankbeleuchtung und andererseits auch die Beleuchtung der Arbeitsfläche.

Bei puristischen minimalistischen Planungen möchten die Kunden keine Griffe sehen. Das Thema grifflos ist zu einem sehr starken Trend geworden. Die in der Abbildung 79 gezeigte Küchenzeile ist ohne Griffe geplant.

Die Unterschränke können mit einem push-to-open-Beschlag oder alternativ mit einer elektrischen Öffnungsunterstützung geplant werden, ebenso die Oberschränke.

Grundrisse und Eckplanungen

Bei Küchenplanungen ist es üblich passgenau von Wand zu Wand und über Eck zu planen. Für schöne Übergänge wird mit Passtücken gearbeitet. Zu den Passtücken gehören:

Korpuspasstücke / Schattenleisten (Abschluss zur Wand korpusbündig)

Frontpasstücke / Passtück (Maßausgleich zu Wand)

Mittelpasstücke (Maßausgleich zwischen zwei Schränken)

Eckpasstücke für Unterschränke und Hochschränke

Oberschrankpasstücke / Oberschrankeckpasstücke

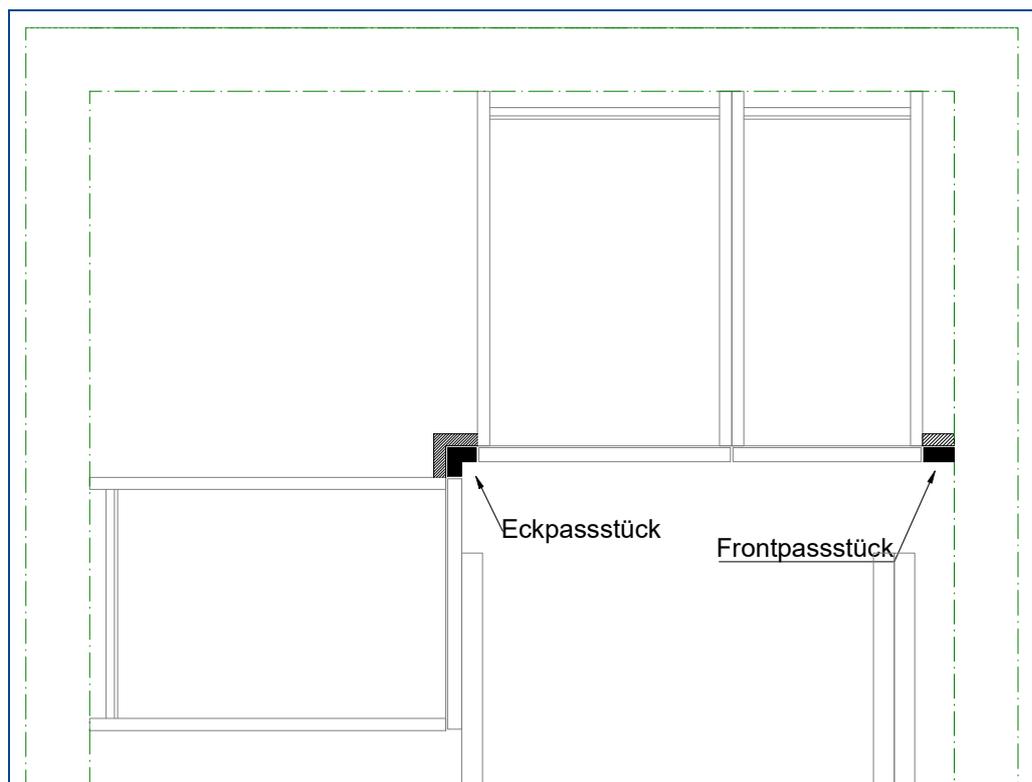


Abbildung 84: Eckpasstück und Frontpasstück

In der Abbildung oberhalb sind beim Eckpasstück und beim Frontpasstück die Hinterholzer schraffiert dargestellt.

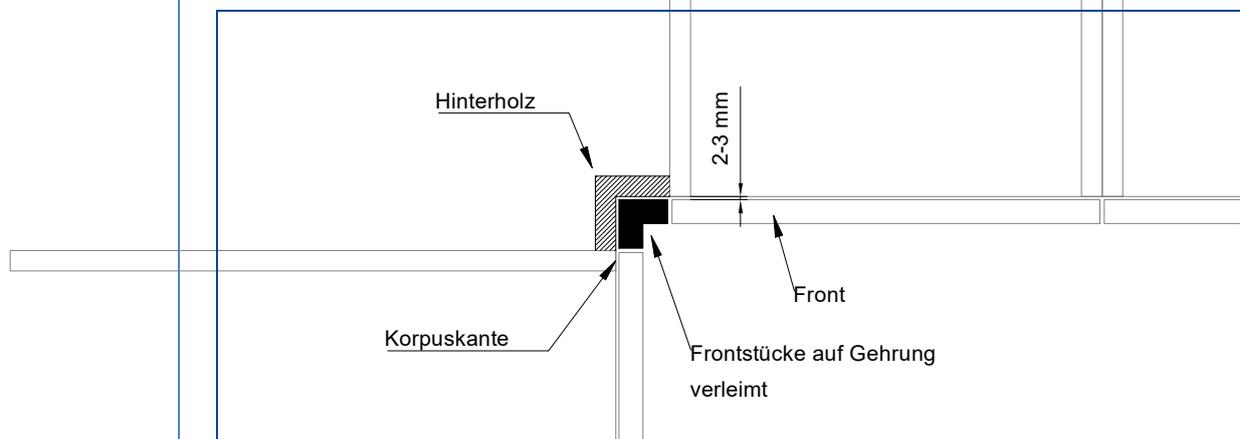


Abbildung 85: Vergrößerte Darstellung Eckpasstück

In der vergrößerten Darstellung sind auch die Fugen zwischen den Bauteilen gut zu erkennen. Das Hinterholz wird korpusbündig montiert und muss die Farbe der Korpusvorderkanten haben. Durch die Fuge zwischen Eckpassstück und nächster Schrankfront wird zur Hälfte die Korpuskante und zur anderen Hälfte die Farbe des Hinterholzes sichtbar. Die Fuge zwischen Front und Korpus von 2-3 mm ist zur besseren Ausrichtung und für Dämpfungselemente erforderlich. Für einen exakten Frontverlauf muss auch das Eckpassstück diesen Abstand von 2-3 mm haben.

Es ist zwar theoretisch möglich, mit Sonderbreiten exakt von Wand zu Wand zu planen, aber ohne Abstand zur Wand würde die Front einer Schublade oder eines Auszuges bei Ausziehen die Wand beschädigen. Anstelle eines Passstückes ist es auch möglich mit einem Korpuspassstück, auch als Schattenleiste bezeichnet, zu planen. Diese wird dann korpusbündig montiert und vergrößert damit die Fuge der Front bis zur Wand.

Mittelpassstücke werden zwischen zwei Schränken montiert. Dies ist relativ selten und kommt als Ausgleich in Frage, falls für die Schränke keine Sonderbreiten verfügbar sind.

Frontpassstücke für Oberschränke sind konstruktiv anders aufgebaut. Während ein Passstück beim Unterschrank oben durch die Arbeitsplatte abgedeckt wird, sind die Oberschrankschrankpassstücke von unten sichtbar und müssen daher unten und evtl. auch oben geschlossen werden.

Auch wenn größere Eckpassstücke optisch nicht so schön sind, ist ein Mindestmaß erforderlich. Im Wesentlichen geben die Griffe das Mindestmaß vor. Die nachfolgende Zeichnung verdeutlicht die Problematik und zeigt eine mögliche Kollision bei zu kleinen Eckpassstücken.

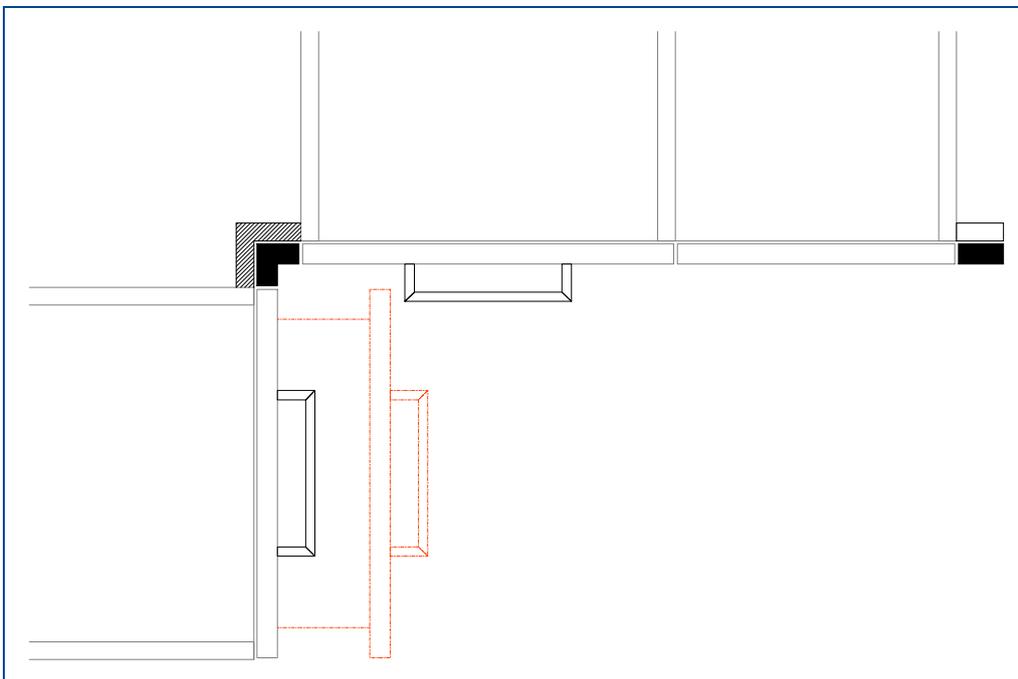


Abbildung 86: Kollision mit dem Griff der Nachbarschränke bei zu kleinem Eckpassstück

Die Grundrissform der Küche ist im Wesentlichen von der Gebäudesituation abhängig. Die sehr schönen und beliebten Kochinseln sind nur bei entsprechend großen Räumen möglich. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die üblichen Grundrissplanungen für Küchen.

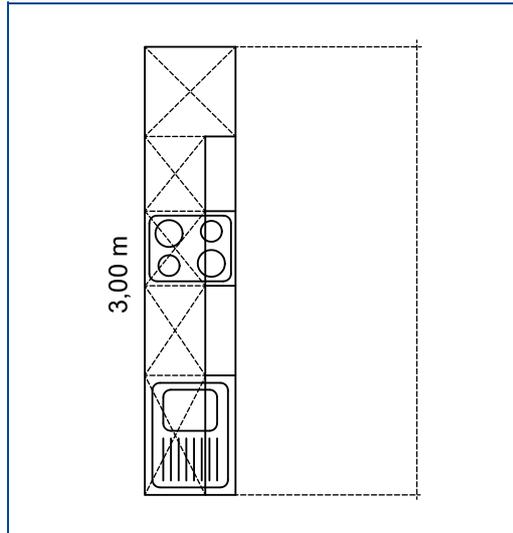


Abbildung 87: Küche einzeilig

Nur eine Stellwand vorhanden (Raumbreite mindestens 3,00 m):

Anordnung der wichtigsten Funktionen auf kleinem Raum

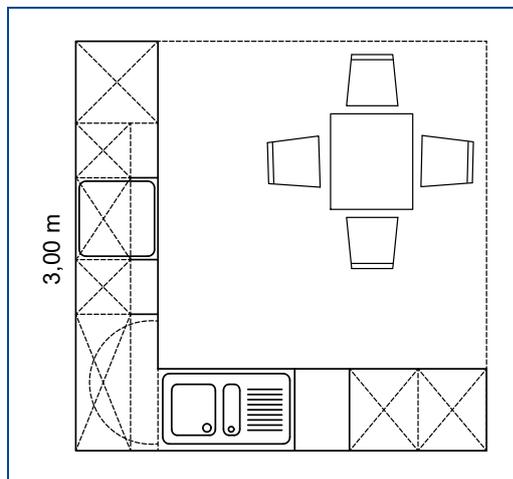


Abbildung 88: Küche in L-Form

Küche in L-Form:

viele Planungsvarianten, kurze Wege, vor allem für quadratische Räume

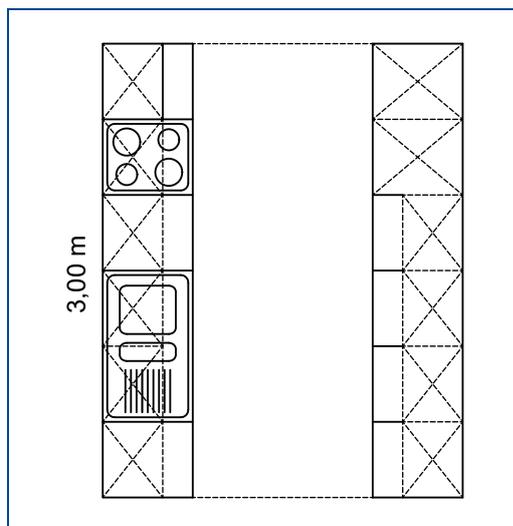
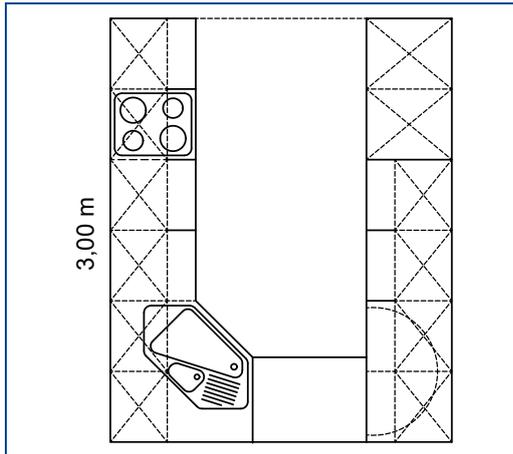


Abbildung 89: Küche zweizeilig

zweizeilige Küche (Raumbreite mindestens 2,40 m):

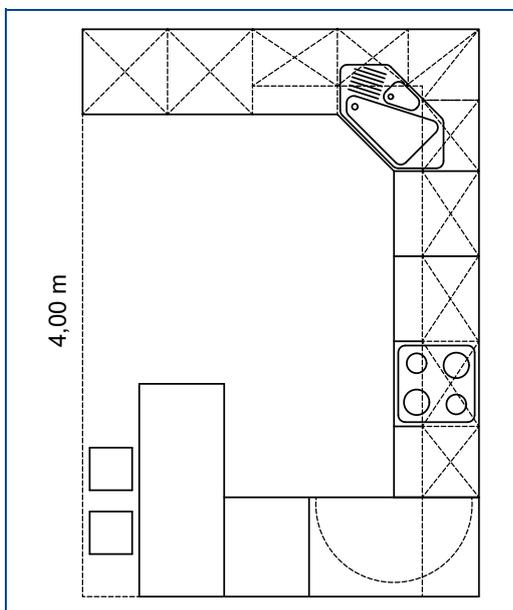
wenn die Schmalseiten durch Fenster und Türen belegt sind



U-förmige Küche:

kurze Wege, gute Raumnutzung, Fenster an der Schmalseite möglich

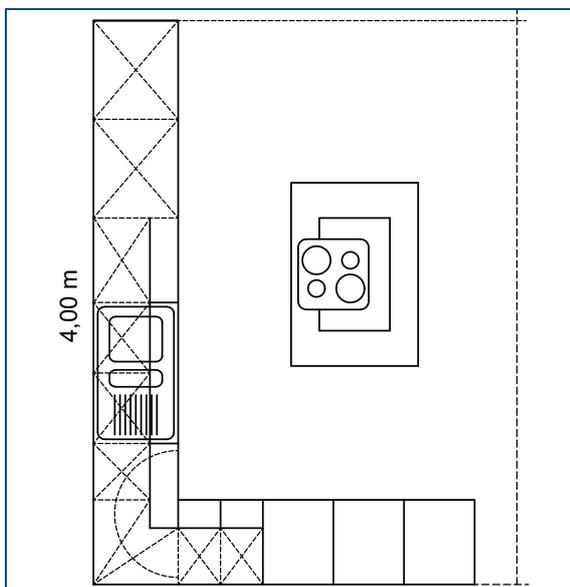
Abbildung 90: Küche U-förmig



halbinselförmige Küche:

wenn Wohn- und Küchenbereich ineinander übergehen. Der untere Schenkel dient gleichzeitig auch als Esstisch und Raumteiler.

Abbildung 91: Küche in Halbinselform



Küche in L-Form mit Kochinsel:

benötigt Platz, ist installationstechnisch aufwändiger. Günstig bei mehreren Personen, die gleichzeitig arbeiten

Abbildung 92: L-förmige Küche mit Kochinsel

Die grifflose Küche

Der derzeitige Zeitgeschmack nach minimalistischen Planungen ohne Griffe gibt dem Thema grifflose Küche eine große Bedeutung. Die grifflose Küche kann in drei Ausführungen eingeteilt werden:

Grifflos mittels push-to-open-Beschlag oder elektrischen Beschlägen

Grifflos mit Griffleisten über die gesamte Frontbreite

Grifflos mit Einfräsungen im Korpus

Das Thema push-to-open und elektrische Beschläge geht in die Detailkonstruktion und soll in diesem Zusammenhang nicht weiter betrachtet werden. Die Griffleisten über die gesamte Frontbreite und die Lösungen mit Einfräsungen sehen auf den ersten Blick nahezu gleich aus, sind aber technisch völlig anders. Die durchgehende Griffleiste ist in der Praxis sehr leicht umzusetzen, dazu wird die Front in der Höhe um ca. 3 cm gekürzt und die Alu-Griffleiste aufgesetzt. Zusammen mit der aufgesetzten Griffleiste hat die Front wieder die Standard Abmessung.



Abbildung 93: Grifflos-Küche mit durchgehenden Griffleisten (Griffleiste mit der Front verbunden)
© rational einbauküchen solutions GmbH

Die Grifflos-Küche mit eingefrästem Eingriff im Korpus ist wesentlich aufwendiger in Konstruktion, Planung und Fertigung. Für diese Ausführung wird die Korpusseite im Bereich des Eingriffs ausgefräst und eine über die gesamte Küchenbreite geplante Aluleiste bei der Küchenmontage eingesetzt. Durch diese Konstruktion kann die Front von hinten gegriffen und geöffnet werden. Diese in den Korpus eingefräste Aluleisten werden horizontal und vertikal verbaut.

In der nachfolgenden Zeichnung sind die Änderungen deutlich zu erkennen. Die Ausfräsungen benötigen Platz und verändern die gesamte Konstruktion der Schränke. Die Typenbezeichnungen müssen zwangsläufig auch andere sein, daher produzieren alle Hersteller diese Ausführungen als gesonderte Linie. Auch fast alle Hersteller haben gesonderte Verkaufs- und Planungsunterlagen für diese grifflosen Küchen.

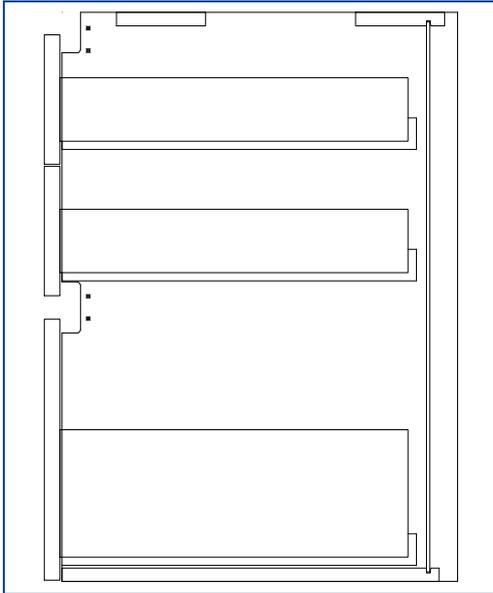


Abbildung 94: Schnitt durch einen Unterschrank mit Ausfräsungen für das Grifflosprofil



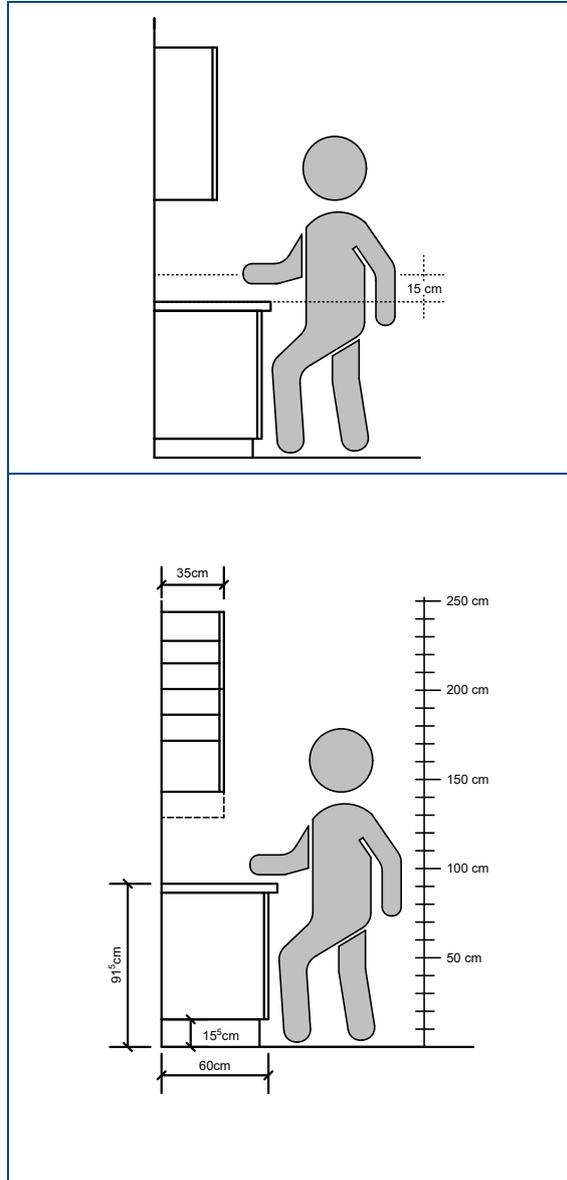
Abbildung 95: Grifflos-Küche mit eingefrästen Korpusseiten und durchgehenden Eingriffsprofilen horizontal und vertikal, © rational einbauküchen solutions GmbH

Auch mit den erheblichen Nachteilen in der Konstruktion ist die Ausführung mit eingefrästem Eingriff die Beste und einer der beliebtesten grifflosen Küchen.

Auf der Abbildung oberhalb sind **Frontwangen** verplant. Diese sind bei modernen Küchen besonders bei Inseln ein sehr beliebtes Gestaltungsmittel. Für die Herstellung werden fertige Fronten auf Gehrung geschnitten und verleimt. Durch diese Herstellungsart läuft das Frontdesign wie eine Front um die Seite herum weiter.

Ergonomie und Planungsmaße in der Küche

Zu einer gut geplanten Küche gehören ergonomisch richtige Arbeitshöhen, optimale Abläufe zwischen den Funktionsbereichen, genügend Arbeits- und Abstellflächen und vor allem ergonomisch gut platzierte Geräteeinbauten.



Eine optimale Höhe zeigt die Abbildung links. Bei angewinkeltem Arm sollte die Arbeitshöhe ca. 15 cm unterhalb bemessen werden.

Die Abbildung zeigt die Standardhöhen und Tiefen. Für größere Personen sollten die Arbeitshöhen entsprechend angepasst werden. Für große Menschen sind Arbeitshöhen bis zu 110 cm sinnvoll. Für den Kochbereich kann die Höhe um ein Rastermaß (13-15 cm) reduziert werden (besserer Einblick in die Kochtöpfe).

Die Oberschränke müssen abhängig von der Arbeitsplattenhöhe angepasst werden. Für den Bereich von der Arbeitsplatte bis zur Unterkante der Oberschränke (Nischenmaß) sollten ca. 50 cm geplant werden. Ein Maß von unter 40 cm ist nicht ergonomisch. Im Bereich der Kochstelle sind die Mindestabstände der Gerätehersteller für Dunstabzugshauben einzuhalten. Das Standard Planungsmaß für die Nische im Bereich der Dunstabzugshaube ist 65 cm.

Abbildung 96: Körpergerecht geplante Küche, ergonomisch richtige Arbeitshöhen

Die früher übliche Kombination von Backofen und Kochfeld ist ergonomisch sehr schlecht und wird heute immer durch Trennung mit einem hoch eingebauten Backofen geplant. Heute ist es üblich, Backofen, Dampfgarer, Mikrowelle und vergleichbare Geräte im Hochschrank zu planen. Die Einbauhöhe kann auf die persönlichen Bedürfnisse der Benutzer angepasst werden, üblich ist die Unterkante der Geräte auf Arbeitsplattenhöhe. Am Anfang der Ergonomie Debatte wurde das Kochfeld häufig abgesenkt. Dies mag ergonomisch in einigen Fällen ganz gut sein, entspricht aber bei den heutigen Designküchen nicht mehr dem Kundenwunsch.

Einen erheblichen Komfortgewinn ist der hocheingebaute Geschirrspüler. Einräumen und Ausräumen sind in komfortabler Höhe bequemer und ergonomisch perfekt. Auch die Lagerung der Tellerstapel in Auszügen ist komfortabel.



Abbildung 97: Beispiele für eine ergonomisch richtige Anordnung von Einbaugeräten
© AMK Küchenstandards

Die abgebildeten Beispiele gehören heute zum Standard einer guten Küchenplanung. Welche Veränderungen die Digitalisierung noch in die Küche bringen wird, ist zurzeit nur in Ansätzen zu sehen. In Messeküchen und auf Ausstellungen werden Studien mit Türöffnungen durch Sprachbefehle von digitalen Assistenten gezeigt. Diese Techniken werden ganz sicher auch noch die Ergonomie und das Design der Küchen verändern.

5 Modul 3 LSK 3: „Statik und Festigkeitslehre II“

5.1 Statische Betrachtung ausgewählter Dachkonstruktionen aus Holz

Dachkonstruktionen aus Vollholz werden in der Praxis üblicherweise bis zu folgenden Gebäudebreiten ausgeführt:

Wohnhäuser	b ca. 7,5 – 9,6 m
Wohn- und Geschäftshäuser	b ca. 9,5 – 12,5 m
Verwaltungsgebäude	b ca. 12,5 – 15,5 m

Übliche Dachkonstruktionen im Wohnungsbau sind Pfetten und Sparrendächer. Sollen größere Spannweiten ausgeführt werden, wie dies im Hallenbau üblich ist, kommen sog. Fachwerkträger bzw. Nagelplattenbinder zum Einsatz.

Im folgenden Bild ist eine Übersicht über die traditionellen Dachformen gegeben:

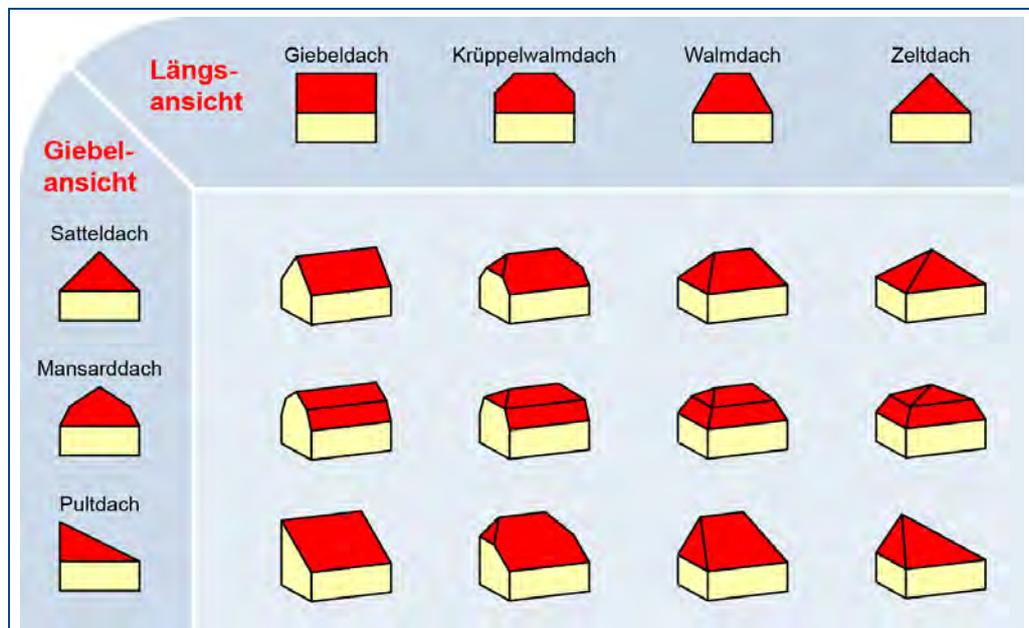


Abbildung 98: Übliche Dachformen im Wohnungsbau

Neben der tragenden Konstruktion (Sparren, Pfetten) ist ein wesentlicher Bestandteil einer Dachkonstruktion, die Dachhaut. Aus einer Vielzahl von Erfordernissen bzw. Bedürfnissen der Nutzer und bauphysikalischen Anforderungen (Wärmedämmeigenschaften, Kalt- oder Warmdach etc.) ist mittlerweile eine große Vielzahl an möglichen Dachaufbauten entstanden.

Tabelle 11: Dachelemente und deren Funktionen

Teile des Dachs	Funktion
Dacheindeckung	Schutz vor Witterungseinflüssen (Schnee, Regen usw.)
Lattung	Trägt die Dacheindeckung
Konterlattung	Hinterlüftung der Dachhaut (Abstandshalter)
Unterspannbahn	Winddichtigkeit, Schutz vor Flugschnee, Staub, Staubregen Zweite wasserführende Schicht
alternativ/zusätzlich zur Unterspannbahn: Vordeckung auf Schalung aus Brettern oder Holzwerkstoffen	Wie bei Unterspannbahn, zusätzlich tragende Funktion bei Dacharbeiten
Dämmung	Wärmedämmung; Dämmung auf, zwischen oder/und unter den Sparren
Dampfbremse (-sperre)	Verhinderung von Kondensatbildung im Dachbereich, Luftdichtheit
Innenbekleidung	Raumabschluss

5.1.1 Statische Betrachtung von Pfettendächern nach Eurocode

Das Pfettendach bezeichnet eine Dachform bzw. einen Dachstuhl, bestehend aus Sparren, Fuß- und/oder Mittelpfette sowie einer Firstpfette. Die Pfetten stellen hierbei die Auflager der Sparren dar. Durch die Anordnung solcher Pfetten wird die Reduzierung von Spannweiten der Sparren erzielt. Bei schmalen Häusern (kurze Sparrenlängen) kann auf eine Mittelpfette verzichtet werden. Der Sparren spannt in diesem Falle von Fuß- zur Firstpfette. Die Aussteifung von Pfettendächern erfolgt durch sog. Windrispenbänder. Alternativ hierzu kann die Aussteifung durch Kopfbandausbildungen erfolgen (Stützen unter Pfetten erforderlich!). Bei der Variante mit den Windrispenbändern wird eine sog. aussteifende Scheibe ausgebildet. In der Praxis hat sich als wirtschaftliche Spannweite von Sparren und Pfetten von 3,5 bis 4,5 m erwiesen.

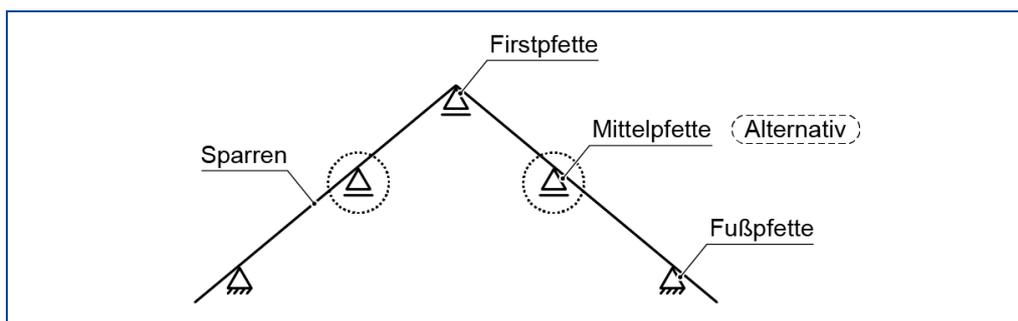


Abbildung 99: Statisches System Pfettendach

Dachstühle werden im Allgemeinen durch Schnee-, Wind- und Ausbaulasten belastet, nicht selten auch durch Installationslasten wie Photovoltaikanlagen. Dachstühle haben, statisch betrachtet, die Aufgabe, diese Lasten in die Außen- bzw. Innenwände zu bringen, wo sie in die Fundamente weitergeleitet werden. Der Kraftfluss lässt sich auch wie folgt beschreiben: Erfahren die Sparren lediglich vertikale Lasten (Schnee, Ausbaulasten etc.), werden diese nur auf Biegung beansprucht. Durch die vertikalen Auflager wie Mittel-, Fuß- und Firstpfette werden diese Lasten in die tragenden Wände des Bauwerks transportiert. Die Pfetten werden hierdurch ebenfalls in vertikaler Richtung auf Biegung beansprucht. Die horizontale Stabilisierung eines stützenfreien Dachstuhles erfolgt durch sog. Windrispenbänder, die diagonal über die Dachfläche verlaufen und eine Scheibe ausbilden.

Treten nun Lasten auf, welche nicht senkrecht wirken, ist der Sachverhalt der Beanspruchung ein etwas anderer. Die hier gemeinten Lasten sind die Windlasten. Winddrucklasten wirken im Allgemeinen senkrecht auf die Gebäudehülle bzw. auf die Dachfläche:

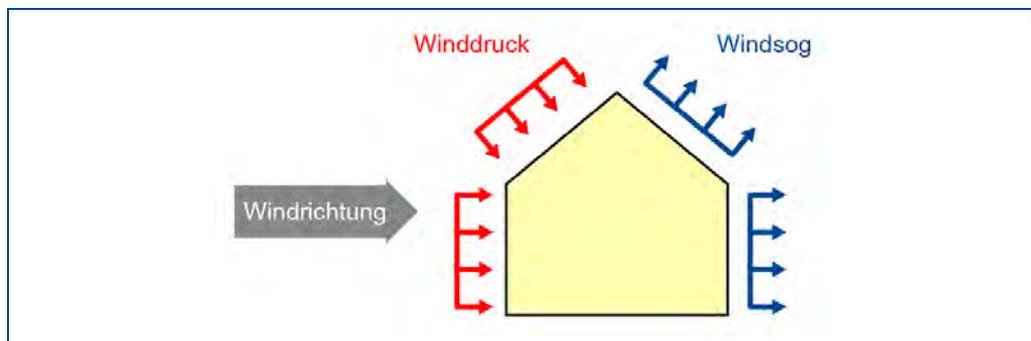


Abbildung 100: Lastfall „Wind“ auf ein Gebäude

Wie im Bild dargestellt, wirken die Winddrucklasten senkrecht auf die Dachfläche (Sparren) und beanspruchen diese auf Biegung. Hierdurch entstehen schräg gerichtete Auflagerkräfte im Bereich der Fußpfetten. Im Bereich der Firstpfette hingegen, geht ein Teil der Windlasten in die Firstpfette als vertikale Belastung und ein Teil über die Kerne in den gegenüberliegenden Sparren und beansprucht diesen zusätzlich zur Biegebeanspruchung aus Schnee und Eigengewicht mit einer Längskraft (Drucknormalkraft).

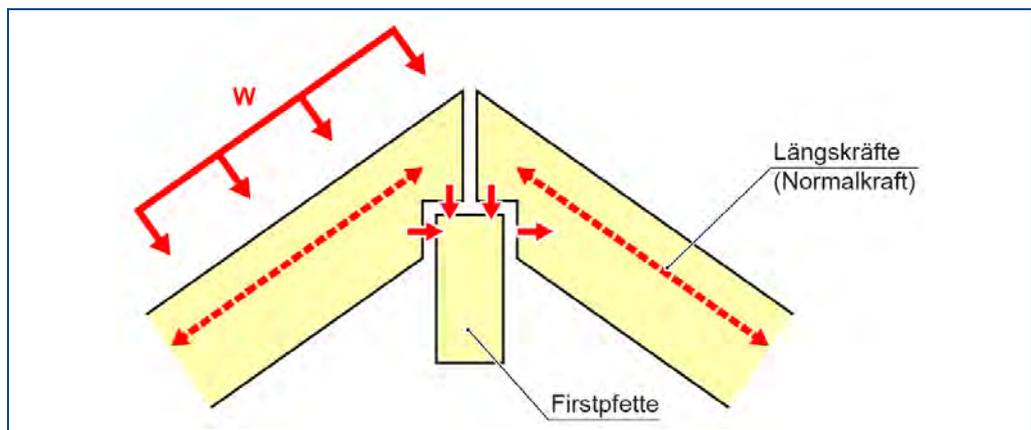


Abbildung 101: Kraftfluss im Auflagerbereich Sparren-Firstpfette

Ein besonderes Augenmerk ist hier auf die Ausbildung der horizontalen Lager (Fußpfetten) zu legen, um die horizontale Stabilität eines Pfettendaches herzustellen. So müssen die auftretenden horizontalen Kräfte aus dem Sparren in die Fußpfette und von dort in die Konstruktion darunter (Deckenscheibe, Ringanker) eingeleitet werden. Je nach Konstruktion des Gebäudes kann dies über Betondübel (Schwerlastanker) zwischen Fußpfette und Ringanker/ Geschossdecke erfolgen.

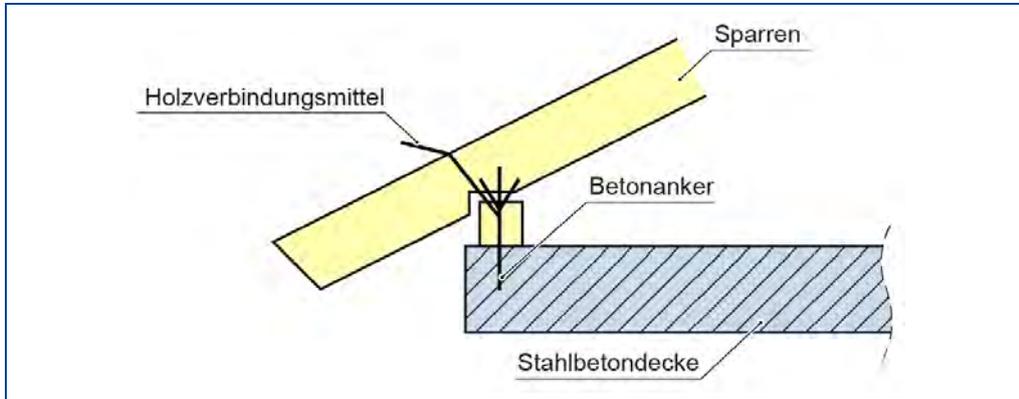


Abbildung 102: Mögliche Sogsicherung Sparren auf Fußpfette

5.1.2 Statische Betrachtung von Sparrendächern nach Eurocode

Sparrendächer gehören zu den steilen hergestellten Dachstuhl (steile Dächer). Auf Grund dieser Tatsache müssen diese Art von Dachstuhl höheren Windbeanspruchungen standhalten als z.B. die der vorgenannten Pfettendächer. So ist der Ausbildung der horizontalen Lager (Fußpunkte) besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Statisch betrachtet, funktioniert ein Sparrendach wie ein unverschiebliches Dreigelenktragwerk, welches aus einem Sparrenpaar und dem Zugband im Fußbereich ausgebildet wird.

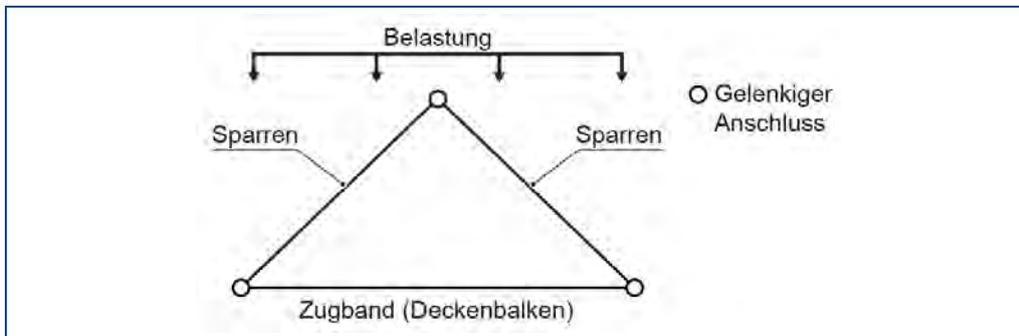


Abbildung 103: Tragsystem Sparrendach

Wie zu erkennen ist, fehlen bei diesen Dächern die zusätzlichen Unterstüzungen durch Pfetten, wodurch die Sparren in diesem Fall einen größeren Querschnitt benötigen. Wie bei den Pfettendächern auch, wird die Längssaussteifung durch Windrispenbänder hergestellt, welche kraftschlüssig an die Mauerlatte angeschlossen sind.

Eigenschaften des Sparrendaches sind:

Sparren werden als sog. Dreigelenkrahmen ausgeführt (siehe Bild oben). Praxisüblicher Abstand der Dreigelenkrahmen beträgt ca. 0,70 m

Der unterste Stab eines Dreigelenkrahmens ist ein Zugstab (Zugband). Hierauf ist bei der Planung und Ausführung des Anschlusses an die restlichen Stäbe besondere Sorgfalt zu legen.

Ein Zugband kann entfallen, wenn die horizontalen Kräfte (Horizontalschub) aus den Sparren über sog. Knaggen in eine Stahlbetondecke eingeleitet werden. Die Stahlbetondecke muss hierfür als Scheibe ausgebildet werden.

Die Sparren erfahren eine Beanspruchung auf Biegung mit einer Längskraft.

Nachdem die statischen Systeme bzw. der Lastabtrag des jeweiligen Dachtragwerks betrachtet wurde, lässt sich festhalten, dass der prinzipielle statische Unterschied bei der Tragwerke darin besteht, dass bei Pfettendächern unter vertikalen Lasten nur vertikale Auflagerkräfte entstehen. Bei Sparrendächern, aufgrund der fehlenden Pfetten, entstehen am Sparrenfußpunkt horizontale Auflagerreaktionen (wegen der gegenseitigen Abstützung).

Vor- und Nachteile von Pfettendächern:

Vorteile:

Sparren und Pfetten stellen einfache statische Systeme dar, die vornehmlich auf Biegung beansprucht werden.

Die Sparren können gegenseitig versetzt werden, was den Einbau von Dachfenstern und Dachgauben erleichtert.

Beim nachträglichen Einbau von Dachfenstern kann der Lastanteil eines durchgeschnittenen Sparrens über einen Wechsel an die benachbarten Sparren weitergegeben werden.

Nachteile:

Pfosten zur Zwischenabstützung der Pfetten können bei der Raumgestaltung stören.

Die Stützkkräfte müssen von der Decke aufgenommen werden (hohe Einzellasten).

Vor- und Nachteile von Sparrendächern:

Vorteile:

Der Dachraum wird stützenfrei überspannt.

I.d.R. ist ein geringerer Holzverbrauch als bei Pfettendächern erforderlich.

Nachteile:

Die Aufnahme der auftretenden Horizontalkräfte erfordert einen größeren konstruktiven Aufwand am unteren Sparrenlager.

Die paarweise gegenüberliegenden Sparren stützen sich gegenseitig ab, so dass der Einbau von Dachfenstern und Dachgauben nur mit größerem Aufwand ausführbar ist.

5.1.3 Statische Betrachtung von Nagelplattenbindern nach Eurocode

Bei Nagelplattenbindern handelt es sich um ein Tragsystem, das aus einzelnen Traggliedern aus Holz besteht, die im Anschlussbereich durch eine Nagelplatte miteinander verbunden werden. Das Resultat dieser Bauweise, in statischer Hinsicht, ist ein sog. Fachwerkträger.

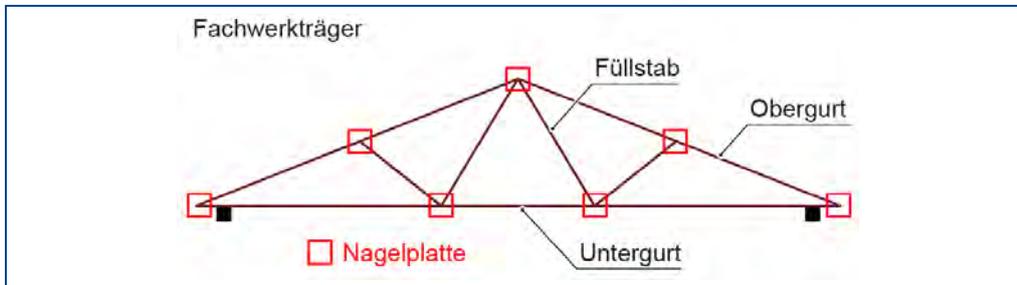


Abbildung 104: Tragsystem Nagelplattenbinder

Mit dieser Bauweise lassen sich bis zu 35 m freitragend überspannen. Wird solch ein Fachwerkträger durch eine vertikal gerichtete Last beansprucht, ist der Kraftfluss wie folgt:

Die durch die Belastung entstehende Biegebeanspruchung (Biegemoment) wird durch die Konstruktionsweise aufgeteilt in eine Biegezug- und eine Biegedruckkraft. Die Biegedruckkraft wird dem Obergurt zugeordnet, die Biegezugkraft dem Unterzug. Die Füllstäbe hingegen erfahren, je nach Anordnung, Zug- und/ oder Drucknormalkräfte (keine Biegemomente oder Querkräfte).

Durch diesen genau definierten Kraftfluss lassen sich die Querschnitte statisch ideal ausnutzen. Hierdurch ist eine schlanke und somit wirtschaftliche Bauweise möglich. Analog zu den bisher behandelten Dachkonstruktionen haben Nagelplattenbinder die Aufgabe, Lasten aus Eigengewicht, Installationen, Schnee und Wind sicher in die Auflager zu übertragen. Die Queraussteifung bzw. horizontale Stabilisierung der Nagelplattenbinder erfolgt auch hier durch Windrispenbänder in Verbindung mit relativ kleinen Windböcken (Windverbänden). Sind diese horizontalen Stabilisierungen nicht vorhanden, hat diese einen enormen, negativen Einfluss auf die Tragfähigkeit solcher Nagelplattenbinder.

Auch hier werden die statischen Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Begrenzung der Spannungen) sowie im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Begrenzung der Verformungen) geführt. Es ist nachzuweisen:

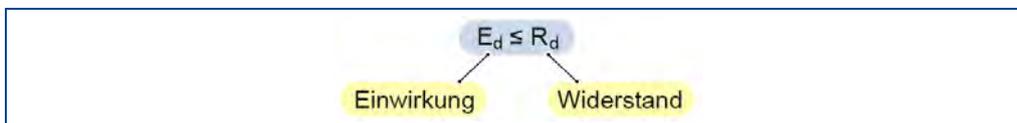


Abbildung 105: Nachweisform im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Entsprechende Nachweise wurden bereits weiter oben behandelt. Aufgrund der hohen Komplexität der statischen Nachweise der Nagelplatte bzw. der Anschlüsse, werden diese in der Praxis ausschließlich EDV-gestützt durchgeführt. Geregelt werden die zu führenden Nachweise im Eurocode 5 (DIN EN 1995). Die Materialkennwerte der Nagelplatten sind den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen.

Diese fachwerkartige Bauweise besitzt die Vorteile eines geringen Eigengewichtes sowie hoher Maßgenauigkeit und schneller Bauabwicklung aufgrund eines hohen Vorfertigungsgrades. Wegen der effizienten Bauweise werden mittlerweile immer mehr Nagelplattenbinder in Fertigteilhäusern und Reihenhäusern verbaut (auch wegen der möglichen seriellen Fertigung). Als wichtigste Anwendungsgrenzen sind zu nennen:

Holztragwerke unter vorwiegend ruhender Belastung
Korrosionsschutz der Platten muss gewährleistet sein
Die Spannweite ist auf 30-35 m zu begrenzen

Weitere, mögliche Dachformen können z.B. ein Pultdach (links) und ein Bogendach (rechts) sein:

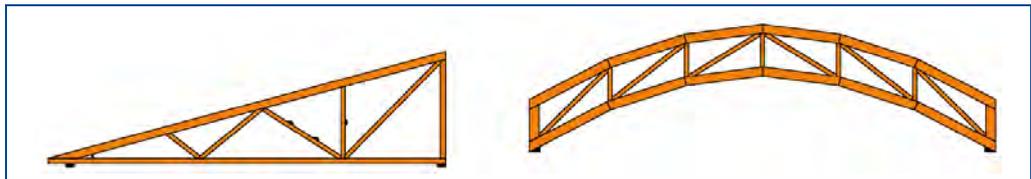


Abbildung 106: Mögliche Dachformen

Die Nagelplatten selbst bestehen aus 1-2 mm dicken, feuerverzinkten Blechen, aus denen nagelförmige Spitzen ausgestanzt und umgebogen werden.

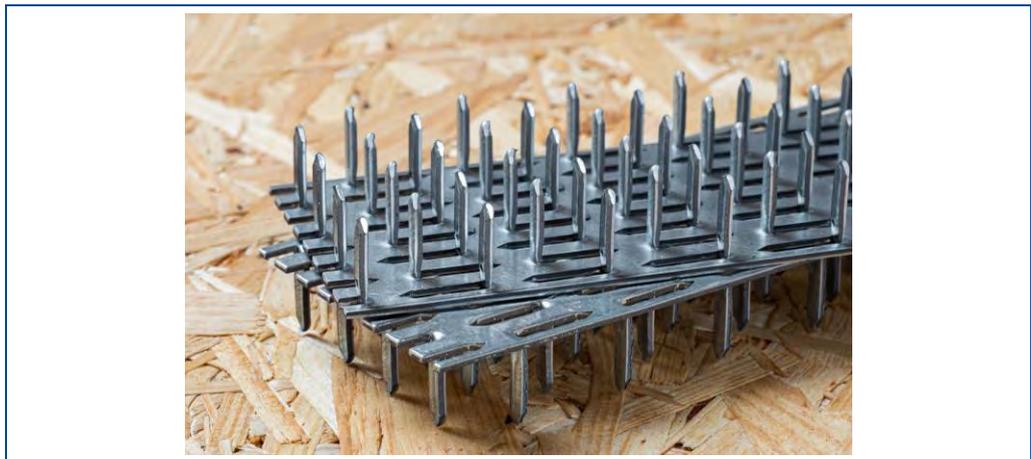


Abbildung 107: Nagelplatten

Anschließend werden die Platten maschinell im Knotenpunkt der Anschlüsse in das Holz gedrückt.



Abbildung 108: Nagelplattenbinder in einem Dachstuhl

Als Lastabtrag ist der Grundsatz zu nennen, dass Zug- und Scherkräfte den Nagelplatten zugeordnet werden, Druckkräfte den Holzquerschnitten.

Aussteifung von Dächern

Sämtliche Dachformen, ganz gleich ob Pfettendach, Sparrendach, Kehl balkendach, Nagelplattenbinder etc.), haben hinsichtlich der Stabilität eines gemeinsam: Sie müssen in **Querrichtung** durch zusätzliche Konstruktionen bzw. Bauteile ausgesteift sein.

Wie bereits erwähnt, werden hierfür Elemente wie Windrispen (aus Stahl oder Holz), Scheiben aus Holzwerkstoffplatten und sog. Windböcke (bei Nagelplattenbindern) verwendet. Windrispen aus Holz werden heutzutage kaum noch verwendet. Grund hierfür ist die zusätzliche Aufbauhöhe der Windrispe (ca. 30 mm), welche sich im späteren Verlauf der Dacheindeckung als störend erweist.

Von großer Bedeutung bei jeder Ausführungsvariante ist, dass die Lastweiterleitung bzw. die Lastein- und Lastausleitung der horizontalen Kräfte in die restliche Konstruktion gegeben ist. Hierfür sind die Giebelwände kraftschlüssig an die Dachkonstruktion anzuschließen.

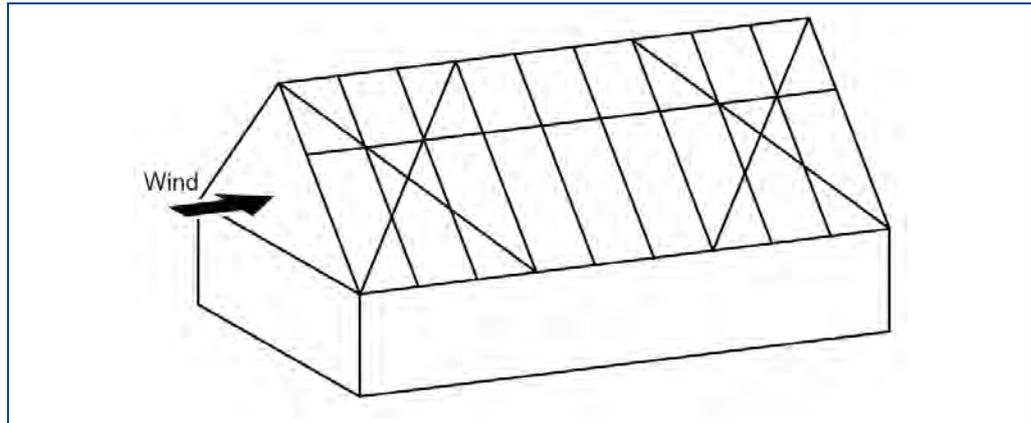


Abbildung 109: Dachaussteifung mit Windrispenbändern

Der Kräfteverlauf des oben dargestellten Systems sieht wie folgt aus: wobei Z die Zugkraft ist und D die Druckkraft.

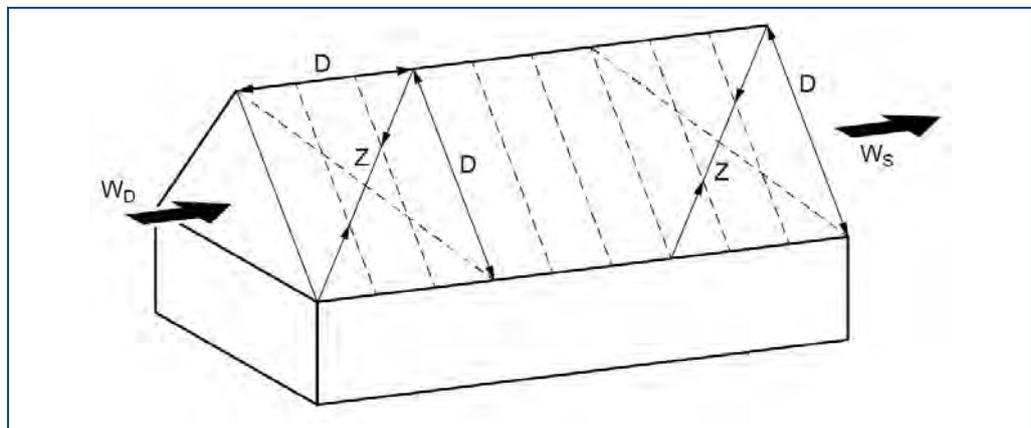


Abbildung 110: Kräfteverlauf Windrispenbänder

Wie bereits erwähnt, ist besondere Sorgfalt darauf zu legen, dass die Zugkräfte bzw. die Aussteifungslasten in die darunter liegende, massive Konstruktion eingeleitet werden. Bei der Ausführung des Fußpunktes des Sparrens im Bereich der Windrispe ist darauf zu achten, ein sog. Kippholz zwischen den Sparren einzubauen.

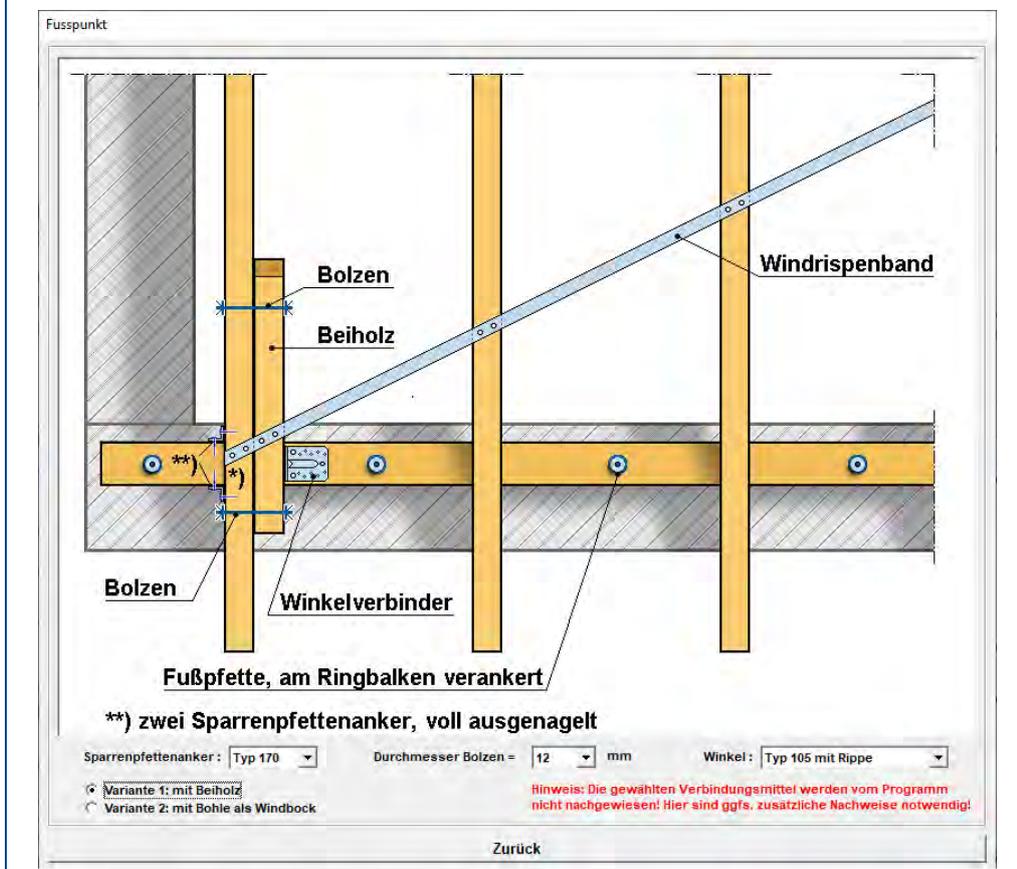
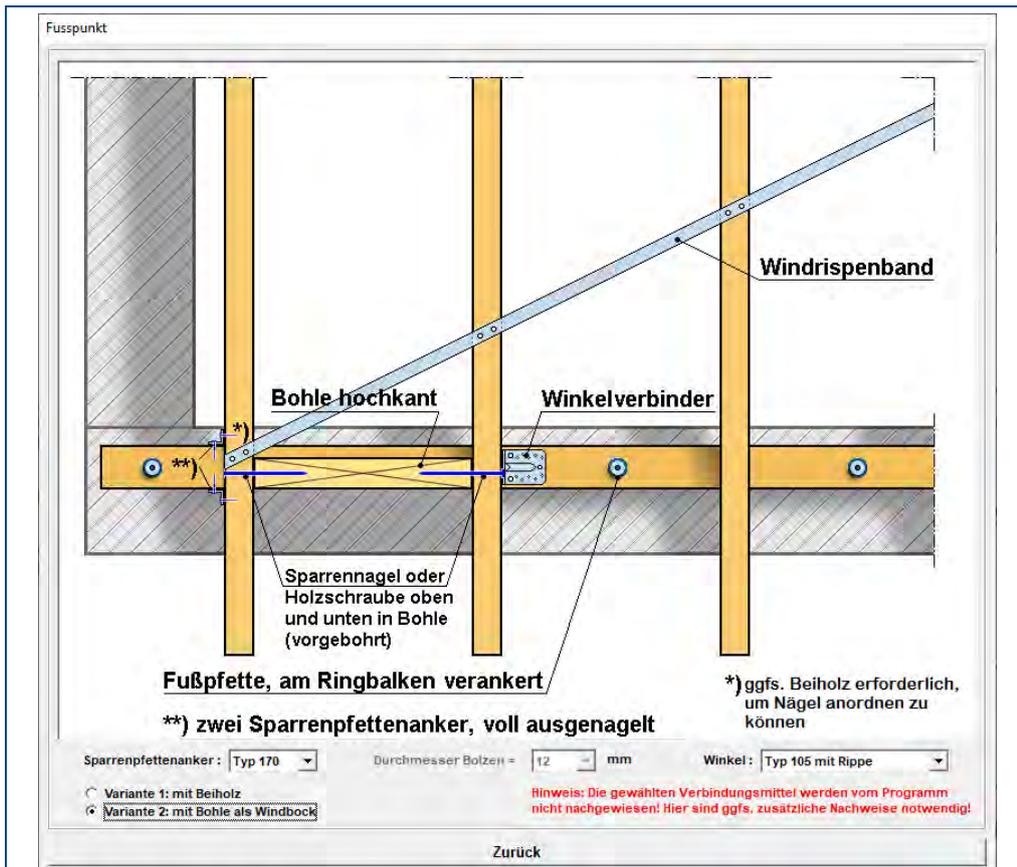


Abbildung 111: Ausbildung des Fußpunktes, © Harzer-Statik-Software

6 Modul 3 LSK 4: „Bauphysikalische Nachweise“

6.1 Anforderungen an den Wärmeschutz nach DIN 4108

Die DIN 4108-2 stellt Mindestanforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand aller Einzelbauteile in der Außenhülle eines beheizten Gebäudes, d.h. aller Bauteile, die an der Wärmeübertragung beteiligt sind. Der Nachweis ist derart zu führen, dass der vorhandene Wärmedurchlasswiderstand dieser Bauteile größer oder gleich der Mindestanforderung nach DIN 4108-2 Tabelle 3 ist. Der Nachweis ist mit einem Berechnungsverfahren nach DIN EN ISO 6946 zu führen.

Der Ablauf des Nachweisverfahrens kann schematisch folgendermaßen dargestellt werden:

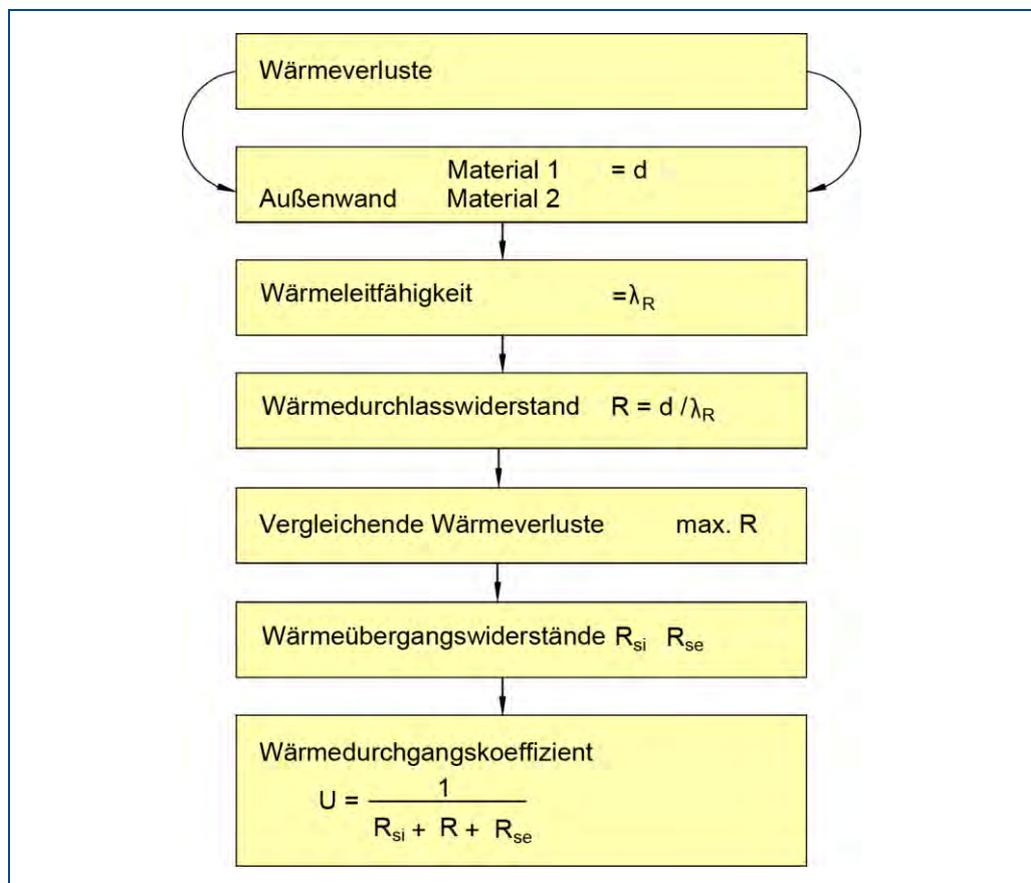


Abbildung 112: Schematischer Ablauf des Nachweises

Die vergleichenden Wärmeverluste sind die minimalen R-Werte einer Konstruktion oder eines Bauteiles. Sie sind in der DIN 4108-2 Tabelle 3 tabelliert.

Wärmeübergangswiderstand

Der Wärmeübergangswiderstand ist der Widerstand, den die an ein Bauteil angrenzenden Luftschichten dem Wärmeübergang entgegensetzen.

Anders ausgedrückt: Je größer der Wärmeübergangswiderstand, desto größer ist der Temperaturabfall von der Innentemperatur zur Oberflächentemperatur der Außenwand.

Hierdurch kann ein großer Temperaturabfall, bedingt durch einen großen Wärmeübergangswiderstand und schlechtes Wandmaterial, Zugerscheinungen an der Innenoberfläche hervorrufen.

Wärmeübergangswiderstand an der Innenoberfläche: R_{si}

Wärmeübergangswiderstand an der Außenoberfläche: R_{se}

Die Werte sind in DIN EN ISO 6946 tabelliert.

Für ebene Oberflächen gelten die angegebenen Werte, wenn keine besonderen Angaben über Randbedingungen vorliegen. Die Werte unter „Horizontal“ gelten für Richtungen des Wärmestromes von $\pm 30^\circ$ zur horizontalen Ebene. Für nichtebene Oberflächen oder für spezielle Randbedingungen sind die Verfahren nach Anhang A der DIN zu verwenden.

Bei der Bestimmung der Wärmeübergangswiderstände ist zusätzlich zu beachten, ob es sich um eine belüftete (hinterlüftete) oder unbelüftete Konstruktion handelt und ob das Bauteil ein „echtes“ Außenbauteil ist, oder ein Bauteil, das nur den beheizten vom unbeheizten Bereich begrenzt.

Tabelle 12: Wärmeübergangswiderstände, in $(m^2 \cdot K) / W$

	Richtung des Wärmestromes		
	Aufwärts	Horizontal	Abwärts
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04
Anmerkung: Diese Tabelle enthält Bemessungswerte. Für die Angabe des Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen und anderen Fällen, in denen von der Richtung des Wärmestromes unabhängige Werte gefordert werden, wird empfohlen, die Werte für horizontalen Wärmestrom zu verwenden.			

6.1.1 Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände R leichter und schwerer Bauteile

Man unterscheidet bei der Ermittlung des Mindestwärmedurchlasswiderstandes R zwischen leichten und schweren Bauteilen.

Für **leichte Bauteile** mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse von $m' < 100 \text{ kg/m}^2$ gelten erhöhte Anforderungen an den Wärmedurchlasswiderstandes R. Diese Werte sind in untenstehender Tabelle aufgeführt. Dabei ist zu beachten, dass die flächenbezogene Masse nur von innen bis zur wärmedämmenden Schicht berechnet wird. Vormauerschalen bleiben in der Regel dadurch unberücksichtigt. Wände mit einer Innendämmung erhalten somit eine flächenbezogene Masse von $m' = 0 \text{ kg/m}^2$.

Tabelle 13: Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände R von leichten Bauteilen gemäß DIN 4108

Bauteile		Wärmedurchlass Widerstand R in m ² K / W
Opake ein- und mehrschalige Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse $m' < 100 \text{ kg/m}^2$		1,75
Inhomogene nichttransparente Bauteile (Skelett-, Rahmen- oder Holzständerbauweise	Im Gefachbereich	1,75
	als Mittelwert	1,00
Rollladenkästen	als Mittelwert	1,00
	auf dem Deckel	0,55
Transparente und teiltransparente Bauteile von z.B. Vor- hangfassaden, Glasdächern, Pfosten-Riegel-Konstrukti- onen, Fensterwänden	Opake Ausfachun- gen ¹⁾	1,20 ²⁾
	Transparente Teile	Isolierglas ³⁾
	Rahmen ¹⁾	$U_f \leq 2,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Umkehrdach bei leichter Unterkonstruktion mit einer flä- chenbezogenen Masse $m' < 250 \text{ kg/m}^2$	unterhalb der Abdichtung	0,15
1) Bei beheizten und niedrig beheizten Räumen 2) Bzw. $UP \leq 0,73 \text{ W / (m}^2\text{K)}$ 3) Alternativ; 2 Glasscheiben (z.B. Verbundfenster oder Kastenfenster)		

Als **schwere Bauteile** bezeichnet man opake Außenbauteile von Aufenthaltsräumen mit üblicher Innentemperatur ($> 19 \text{ }^\circ\text{C}$) und einer flächenbezogenen Gesamtmasse $m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$. Diese müssen die in Tabelle 14 nach DIN 4108-2:2013-02 aufgeführten Mindestwärmedurchlasswiderstände R einhalten.

Der Mindestwärmeschutz muss an jeder Stelle vorhanden sein. Hierzu gehören bei Wänden u.a. auch Nischen unter Fenstern, Brüstungen von Fensterbauteilen, Fensterstürze, Wandbereiche auf der Außenseite von Heizkörpern und Rohrkanälen, insbesondere für ausnahmsweise in Außenwänden angeordnete wasserführende Leitungen.

Tabelle 14: Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände R von schweren opaken Bauteilen

Bauteile		R (m ² · K) / W
Außenwände; Wände von Aufenthaltsräumen gegen Bodenräume, Durchfahrten, offene Hausflure, Garagen, Erdreich		1,2
Wände zwischen fremdgenutzten Räumen; Wohntrennwände		0,07
Treppenraumwände	zu Treppenräumen mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen (z.B. indirekt beheizte Treppenräume); Innentemperatur $\theta < 10 \text{ °C}$, aber Treppenraum mindestens frostfrei	0,25
	zu Treppenräumen mit Innentemperatur $\theta_i > 10 \text{ °C}$ (z.B. Verwaltungsgebäude, Geschäftshäuser, Unterrichtsgebäude, Hotels, Gaststätten und Wohngebäude)	0,07
Wohnungstrenndecken, Decke zwischen fremden Arbeitsräumen; Decken unter Räumen zwischen gedämmten Dachschrägen und Abseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen.	allgemein	0,35
	in zentralbeheizten Büroräumen	0,17
Unter Abschluss nicht unterkellertes Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich bis zur Raumtiefe von 5 m	0,90
	über einen nicht belüfteten Hohlraum an das Erdreich grenzend	
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen; Decken unter bekriechbaren oder noch niedrigeren Räumen; Decken unter belüfteten Räumen zwischen Dachschrägen und Abseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen, wärmegeämmten Dachschrägen		0,90
Kellerdecken; Decken gegen abgeschlossene, unbeheizte Hausflure u.Ä.		
Decken (auch Dächer), die Aufenthaltsräume gegen die Außenluft abgrenzen	nach unten, gegen Garagen (auch beheizte), Durchfahrten (auch verschließbare) und belüftete Kriechkeller ^{a)}	1,75
	nach oben, z.B. Dächer nach DIN 18530, Decken unter Terrassen; Umkehrdächer nach 5.3.3 Für Umkehrdächer ist der berechnete Wärmedurchgangskoeffizient U nach DIN EN ISO 6946 mit den Korrekturwerten nach Tabelle 4 der DIN um ΔU zu berechnen	1,2

^{a)} Erhöhter Wärmedurchlasswiderstand wegen Fußkälte

6.2 Anforderungen an den Wärmeschutz nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Das GEG gilt für Gebäude, die mit Hilfe von Energie beheizt oder gekühlt werden. Man unterscheidet zwischen **Neubauten** und **Gebäuden im Bestand**.

Außerdem teilt das GEG alle Bauten nach ihrer Nutzung in **Wohn- und Nichtwohngebäude** ein.

An Wohn- und Nichtwohngebäude werden unterschiedliche energetische Anforderungen gestellt.

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) arbeitet mit dem Konzept des Referenzgebäudes.

Ein **Referenzgebäude** ist ein **virtuelles Modellgebäude**. Es hat die gleiche Geometrie, Nutzfläche und Ausrichtung wie das zu errichtende Gebäude. Die Gebäudehülle des Referenzgebäudes wie Außenwände, Fenster, Türen, Decken, Dach - und seine Anlagentechnik sind jedoch standardmäßig ausgestattet, wie das GEG dies vorschreibt.

GEG: § 10 Grundsatz und Niedrigstenergiegebäude:

Alle neugebauten Wohngebäude, die unter das GEG fallen, werden grundsätzlich als „Niedrigstenergiegebäude“ geplant und errichtet.

Folgende **Anforderungen** muss ein neues Wohngebäude nach GEG erfüllen:

GEG: § 15 Gesamtenergiebedarf:

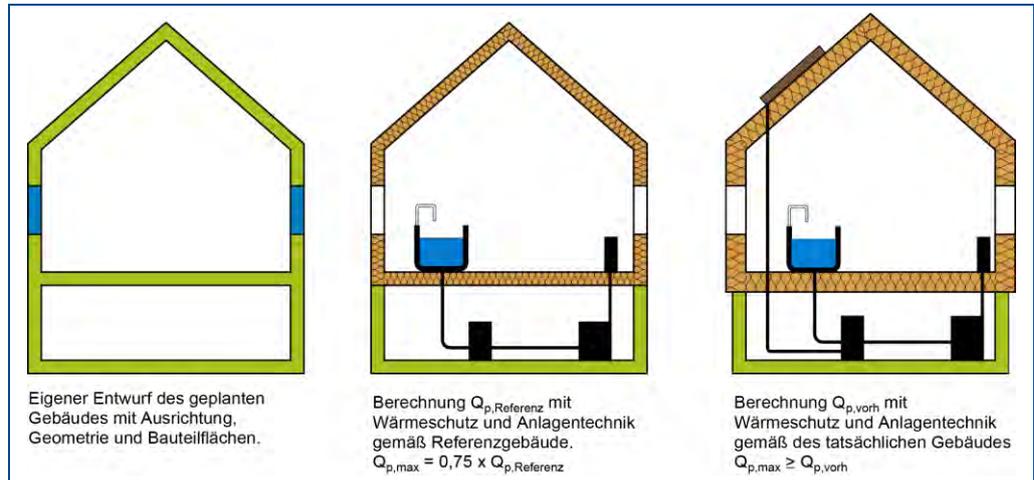


Abbildung 113: Referenzgebäude: Nachweis Jahres-Primärenergiebedarf

Dieser **maximale Jahres-Primärenergiebedarf $Q_{p,max}$** ist von dem **Jahres-Primärenergiebedarf $Q_{p,vorh}$** des tatsächlich zu errichtenden Gebäudes einzuhalten bzw. zu unterschreiten. Das neu zu errichtende Gebäude muss also deutlich besser als das Referenzgebäude ausgeführt werden.

§ 16 Baulicher Wärmeschutz Neubau Wohngebäude

Der berechnete Transmissionswärmeverlust $H'_{T,vorh}$ muss kleiner oder gleich dem Transmissionswärmeverlust $H'_{T,max}$ des entsprechenden Referenzgebäudes sein.

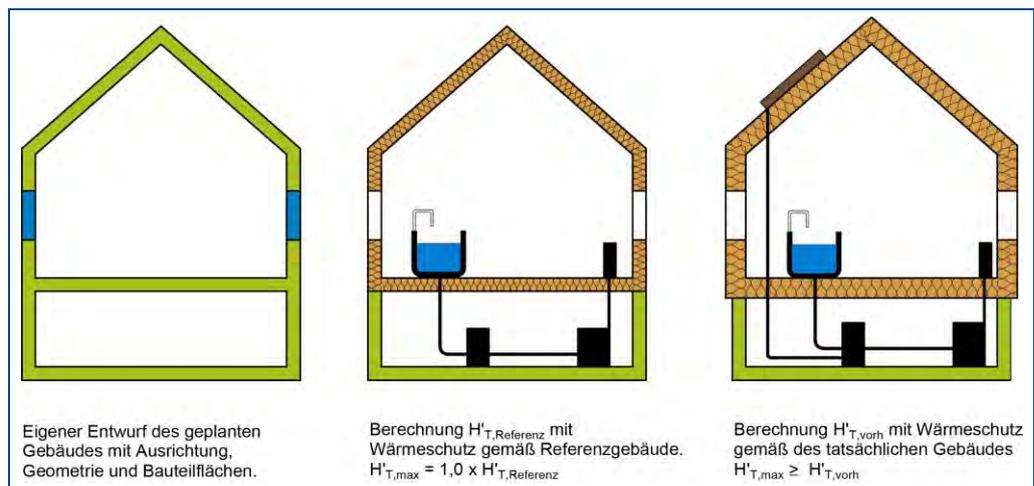


Abbildung 114: Referenzgebäude: Nachweis Transmissionswärmeverlust

Tabelle 15: Ausführung des Referenzgebäudes für „Wohngebäude“ nach dem GEG Anlage 1

Zeile	Bauteil/Systeme	Referenzausführung bzw. Wert (Maßeinheit)
1.1	Außenwand (einschließlich Einbauten, wie Rolllädenkästen) Geschossdecke gegen Außenluft	$U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
1.2	Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen (außer solche nach Zeile 1.1)	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
1.3	Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten	$U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
1.4	Fenster, Fenstertüren	$U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}); g = 0,60$
1.5	Dachflächenfenster, Glasdächer und Lichtbänder	$U = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}); g = 0,60$
1.6	Lichtkuppeln	$U = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}); g = 0,64$
1.7	Außentüren; Türen gegen unbeheizte Räume	$U = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
2	Wärmebrückenzuschlag (Bauteile nach 1.1 bis 1.7)	$\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
3	Luftdichtheit der Gebäudehülle	Berechnung nach DIN 4108-6:2003-06 mit Dichtheitsprüfung DIN 18599-2:2018-09: nach Kategorie I

Bei neu zu errichtenden Nicht-Wohngebäuden

Ein **neu zu errichtendes Nicht-Wohngebäude** muss nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) folgende Anforderungen erfüllen:

§ 18 Gesamtenergiebedarf (Neubau Nicht-Wohngebäude)

Bei der Berechnung der Energiebilanz wird das Nicht-Wohngebäude zuerst in Nutzungszonen eingeteilt. Der berechnete **Jahres-Primärenergiebedarf** für Heizung, Warmwasseraufbereitung, Lüftung, Kühlung und Beleuchtung bezogen auf die Gebäudenutzfläche darf nicht höher sein als 75% des Jahres-Primärenergiebedarfs des entsprechenden Referenzgebäudes.

Zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarf eines Nichtwohngebäudes können folgende zwei Verfahren eingesetzt werden:

- das Mehr-Zonen-Modell nach § 21
- oder das vereinfachte Verfahren (Ein-Zonen-Modell) nach § 32.

Verwendet man das Mehr-Zonen-Modell zu Berechnung, so muss das Gebäude zoniert werden. D.h. es wird nach seinen verschiedenen Nutzungsarten aufgeteilt, der Raumlufttechnik und der Kühlung der einzelnen Zonen.

Um den Berechnungsaufwand zu reduzieren, sollte man versuchen gleichartige Zonen zusammenzufassen. Dadurch wird die Massenermittlung erheblich verringert.

Bei der Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarf wird ein einheitliches Referenzklima verwendet. Dadurch können Gebäude aus verschiedenen Regionen verglichen werden.

§ 19 Baulicher Wärmeschutz

Der Wärmeverlust durch die verschiedenen Außenbauteil-Typen der Gebäudehülle (opake und transparente Außenbauteile) darf nicht größer sein als die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten \bar{U} der wärmeübertragenden Umfassungsfläche nach dem GEG Anlage 3.

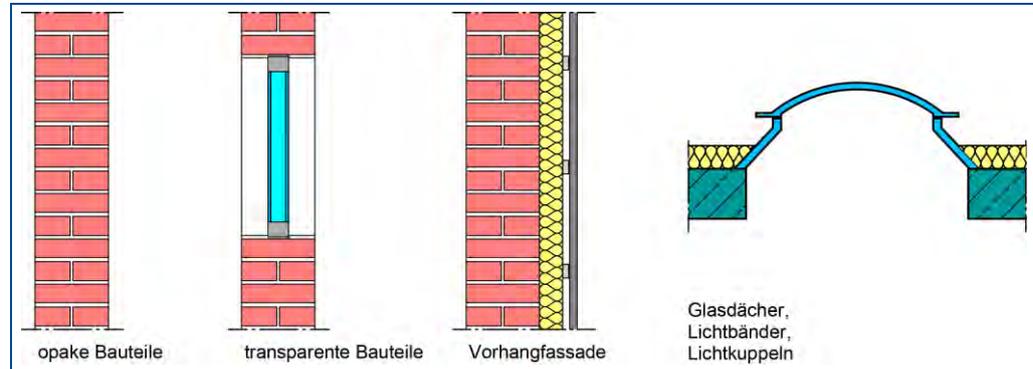


Abbildung 115: Bauteilgruppen nach dem GEG Anlage 3

Tabelle 16: Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten nach GEG Anlage 3

Nr.	Bauteile	Höchstwerte der Mittelwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten	
		Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19^\circ\text{C}$	Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall von 12 bis $<19^\circ\text{C}$
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Nr.3 und 4 enthalten.	$\bar{U} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$\bar{U} = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Nummern 3 und 4 enthalten.	$\bar{U} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$\bar{U} = 2,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
3	Vorhangfassade	$\bar{U} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$\bar{U} = 3,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	$\bar{U} = 2,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$\bar{U} = 3,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

6.3 Nachweise des Wärmeschutzes zur Energieeinsparung

Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfs für Wohngebäude

Der Jahres-Primärenergiebedarf für das Wohngebäude und das Referenzgebäude ist nach der **DIN 18599: 2018-09** zu ermitteln. [GEG § 20 (1)]

Bis zum Ende des Jahres 2023 darf der Jahresprimärenergiebedarf für Wohngebäude alternativ nach **DIN V 4108-6** und **DIN V 4701-10** berechnet werden. [GEG § 20 (2)]

Die Berechnungen sind für das zu errichtende Gebäude und das Referenzgebäude mit demselben Verfahren durchzuführen. [GEG § 20 (3)]

Arbeitsschritte für die **Bilanzierung eines Wohngebäudes** nach DIN V 18599:

Tabelle 17: Bilanzierung eines Wohngebäudes

1.	Feststellen der Randbedingungen der Nutzung
2.	Zusammenstellung der notwendigen Eingangsdaten für die Bilanzierung der Gebäudezone(n)
3.	Ermittlung der Wärmequellen/-senken durch mechanische Lüftung in der Zone
4.	Bestimmung der Wärmequellen/-senken aus Personen, Geräten usw. (ohne Anlagentechnik)
5.	Erste überschlägige Bilanzierung des Nutzwärmebedarfs der Zone
6.	Vorläufige Aufteilung der bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme
7.	Ermittlung der Wärmequellen durch die Heizung in der Zone anhand des überschlägigen Nutzwärmebedarfs
8.	Ermittlung der Wärmequellen durch die Trinkwarmwasserbereitung
9.	Bilanzierung des Nutzwärmebedarfs der Zone
10.	Endgültige Aufteilung der bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme
11.	Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung für die Heizung, für die luftführenden Systeme, für die Wohnungskühlung und für die Trinkwarmwasserbereitung
12.	Aufteilung der notwendigen Nutzwärmeabgabe aller Erzeuger auf die unterschiedlichen Erzeugungssysteme
13.	Ermittlung der Verluste bei der Erzeugung von Wärme
14.	Zusammenstellung der ermittelten Hilfsenergien
15.	Zusammenstellung der Endenergien und Energieträger
16.	Primärenergetische Bewertung und CO ₂ -Bewertung

Abweichend von **DIN V 18599-1: 2018-09** sind bei der Berechnung des **Endenergiebedarfs** diejenigen Anteile **nicht zu berücksichtigen**, die durch in unmittelbarem räumlichem Zusammenhang zum Gebäude gewonnene solare Strahlungsenergie sowie Umweltwärme gedeckt werden. [GEG § 20 (4)]

Abweichend von **DIN V 18599-1: 2018-09** wird der Haushaltsstrombedarf bei der Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs **nicht berücksichtigt**. Somit kann dieser auch nicht in die Bilanzierung der Photovoltaik einfließen. [GEG § 20 (5)]

Unabhängig vom gewählten Berechnungsverfahren für den Jahres-Primärenergiebedarf sind die **Wärmedurchgangskoeffizienten U** nachfolgenden Normen zu berechnen: [GEG § 20 (6)]

47. DIN V 18599-2: 2018-09 Abschnitt 6.1.4.3 für die Berechnung der an Erdreich grenzenden Bauteile
48. DIN 4108-4: 2017-03 in Verbindung mit DIN EN ISO 6946: 2008-04 für die Berechnung opaker Bauteile
49. DIN 4108-4: 2017-03 für die Berechnung transparenter Bauteile sowie von Vorhangfassaden.

Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfs für Nichtwohngebäude

Der Jahres-Primärenergiebedarf für Nichtwohngebäude und das Referenzgebäude wird nach der **DIN V 18599: 2018-09** ermittelt. [GEG § 21 (1)]

Unterscheiden sich bei einem Nichtwohngebäude Flächen hinsichtlich ihrer **Nutzung**, ihrer technischen Ausstattung, ihrer inneren Lasten oder ihrer Versorgung mit Tageslicht wesentlich, so ist das Gebäude in Zonen zu unterteilen.

Bei Zonierung dürfen Vereinfachungen vorgenommen werden, indem einzelne Zonen zusammengefasst werden. Durch die Reduktion der Zonen wird der Berechnungsaufwand im erheblichen Maße reduziert. [GEG § 21 (2)]

In der DIN V 18599-10 Tab. 5 werden verschiedene Nutzungen mit Nutzungsrandbedingungen genannt.

Bei der Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs verwendet man die Nutzungsrandbedingungen nach DIN V 18599-10 Tab. 5.

Für **Nutzungen**, die **nicht** in DIN V 18599-10 aufgeführt sind, kann

50. das Nutzungsprofil 17 „sonstige Aufenthaltsräume“ der Tab. 5 in DIN V 18599-10 verwendet werden.
51. eine Nutzung auf der Grundlage der DIN V 18599-10 unter Anwendung eines gesicherten allgemeinen Wissensstandes individuell bestimmt werden.

Steht bei der Errichtung eines Nichtwohngebäudes die Nutzung einer Zone noch nicht fest, ist das Nutzungsprofil 17 „sonstige Aufenthaltsräume“ der Tab. 5 in DIN V 18599-10 zu verwenden.

Alternativ kann man eine individuell bestimmte Nutzung angeben. Diese Nutzung ist zu begründen und den Berechnungen beizufügen.

Wird bei der Errichtung eines Nichtwohngebäudes in einer Zone keine Beleuchtungsanlage eingebaut, ist eine direkt-indirekte Beleuchtung mit stabförmigen Leuchtstofflampen mit einem Durchmesser von 16 Millimetern und mit einem elektronischen Vorschaltgerät anzunehmen. [GEG § 21 (3)]

[GEG § 21 (4)] siehe [GEG § 20 (3) bis (6)]:

Die Berechnungen sind für das zu errichtende Gebäude und das Referenzgebäude mit demselben Verfahren durchzuführen. [GEG § 20 (3)]

Abweichend von **DIN V 18599-1: 2018-09** sind bei der Berechnung des **Endenergiebedarfs** diejenigen Anteile **nicht zu berücksichtigen**, die durch in unmittelbarem räumlichem Zusammenhang zum Gebäude gewonnene solare Strahlungsenergie sowie Umweltwärme gedeckt werden. [GEG § 20 (4)]

Abweichend von **DIN V 18599-1: 2018-09** wird der Haushaltsstrombedarf bei der Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs **nicht berücksichtigt**. Somit kann dieser auch nicht in die Bilanzierung der Photovoltaik einfließen. [GEG § 20 (5)]

Folgende Arbeitsschritte sind für die **Bilanzierung eines Nichtwohngebäudes** nach DIN V 18599 durchzuführen:

Tabelle 18: Bilanzierung eines Nichtwohngebäudes

1.	Feststellen der Randbedingungen der Nutzung und Zonierung des Gebäudes
2.	Zusammenstellung der notwendigen Eingangsdaten für die Bilanzierung der Gebäudezonen
3.	Ermittlung des Nutz- und Endenergiebedarfs für die Beleuchtung
4.	Ermittlung der Wärmequellen/-senken durch mechanische Lüftung sowie Personen, Geräte usw.

5.	Erste überschlägige Bilanzierung des Nutzwärme-/kältebedarfs der Zone
6.	Vorläufige Aufteilung der bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme
7.	Ermittlung der Wärmequellen durch die Heizung und Trinkwarmwasserbereitung
8.	Ermittlung der Wärmequellen/-senken durch die Kühlung in der Zone
9.	Bilanzierung des Nutzwärme-/kältebedarfs der Zone
10.	Ermittlung des Nutzenergiebedarfs für die Luftaufbereitung
11.	Endgültige Aufteilung der bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme
12.	Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung für die Heizung und für die luftführenden Systeme sowie für die Wärmeversorgung einer RLT-Anlage
13.	Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung für die Trinkwarmwasserbereitung und Kälteversorgung
14.	Aufteilung der notwendigen Nutzwärmeabgabe und Nutzkälteabgabe aller Erzeuger auf die unterschiedlichen Erzeugungssysteme
15.	Ermittlung der Verluste bei der Erzeugung von Kälte, Dampf und Wärme
16.	Zusammenstellung der ermittelten Hilfsenergien
17.	Zusammenstellung der Endenergien und Energieträger
18.	Primärenergetische Bewertung und CO ₂

7 Modul 4 LSK 4: „Fertigung mit Maschinen und Robotern in der Holztechnik“

7.1 Fertigungsprozesse mit Doppelendprofilern

Doppelendprofiler sind seit Jahrzehnten weit verbreitete Maschinen zur Formatbearbeitung von Möbelbauteilen in Serienbetrieben. Als verkettete Einzelmaschinen stehen sie in der Fertigungsstraße vor den Schmalflächenbeschichtungsmaschinen. Heute übernehmen häufig Kombinationsmaschinen beide Funktionen auf einem Maschinenständer. Diese Entwicklung ist durch immer vielfältigere Produktsortimente, mit der Folge von kleineren Stückzahlen, erheblich verstärkt worden. Der Ablauf mit Zuschnitt auf Rohmaß (Fertigmaß + Bearbeitungszugabe) ist dem Fertigmaßzuschnitt gewichen. Die Zuschnitt-Techniken mit Plattensägen oder dem Nesting sind so genau und von ausreichender Qualität, dass kein Übermaß mehr erforderlich ist.

Dennoch hat der Doppelendprofiler seine Bedeutung zur Bearbeitung von Werkstücken an zwei gegenüberliegenden Schmalflächen, sowie von Ober- und Unterseite nicht verloren. Die grundsätzlich möglichen Arbeitsgänge sind vielfältig und erlauben den Einsatz in unterschiedlichen Fertigungsbereichen von der Möbelfertigung über die Türenfertigung bis hin zur Fensterfertigung und dem Fertighausbau. Prädestiniert ist der Einsatz des Doppelendprofilers bei Produkten mit besonderen Kantenbearbeitungen. Typisch hierfür sind die Parkett- und Laminatprodukte. Diese Teile haben keine Kantenbeschichtungen, aber komplexe Kantenprofile (Klick-Laminat). Zusammen mit den geforderten hohen Mengen und den komplexen Kantenprofilen ist hier der Doppelendprofiler die Maschine der Wahl.

Mögliche Arbeitsgänge:

Formatieren durch Besäumzerspaner

Fräsen, Fälzen, Nuten, Bohren

Schablonengesteuertes Abrunden / CNC-gesteuertes Abrunden

Schlitzten, Zapfenschneiden

Kerbschnitt für Faltechnik-Anwendungen

Doppelendprofiler zeigen grob gesehen folgenden Aufbau. Auf einem Maschinenbett sind zwei Maschinenseiten gelagert, in denen sich die Aufnahmen der einzelnen Aggregate befinden. Die linke Seite dient als feste Anlegeseite, die rechte Seite ist ein beweglicher Ständer, der auf die Werkstückbreite verfahrbar ist. Beide Seiten sind mit Transportketten ausgerüstet, die zusammen mit dem verwindungssteifen Oberdruck eine sichere und präzise Werkstückführung erlauben. Sie haben, abgestimmt auf die Teilegröße, in bestimmten Abständen Nocken, die das Werkstück winkelig transportieren. Die zweite Komponente des Vorschubes, das obere Druckwerk (umlaufender Keilriemen), wird einzeln angetrieben. Die Vorschubgeschwindigkeiten von Oberdruck und Transportkette können unterschiedlich sein. Auf diese Weise werden die Werkstücke vor oder hinter den Nocken auch bei hohem Schnittdruck sicher geführt. Über eine Höhenverstellung des Oberdruckes lassen sich unterschiedliche Werkstückdicken bearbeiten.

Die Anzahl und Art der Arbeitsaggregate hängt von den betrieblichen Einsatzmöglichkeiten ab. In erster Linie dient die Maschine der Formatierung im Durchlauf. Ein- und aussetzende Aggregate, z.B. Bohren, wirken sich negativ auf die Leistung der Maschine aus. Die Positionierung der Aggregate erfolgt je nach Ausstattung manuell bis programmgesteuert. Eine Doppelbestückung der Aggregate erlaubt ein schnelles Wechseln der Werkzeuge. Typisch für Doppelendprofiler sind Besäumzerspaner. Dadurch

werden Besäumreste in absaugfähige Späne zerlegt. Ein vorgeschaltetes Vorritzaggregat verhindert das Ausreißen der Unterseite. Weitere Aggregate lassen sich an Oberträger anbauen und ermöglichen die Bearbeitung der Breitfläche (Mittelschnittsäge, Oberfräse).

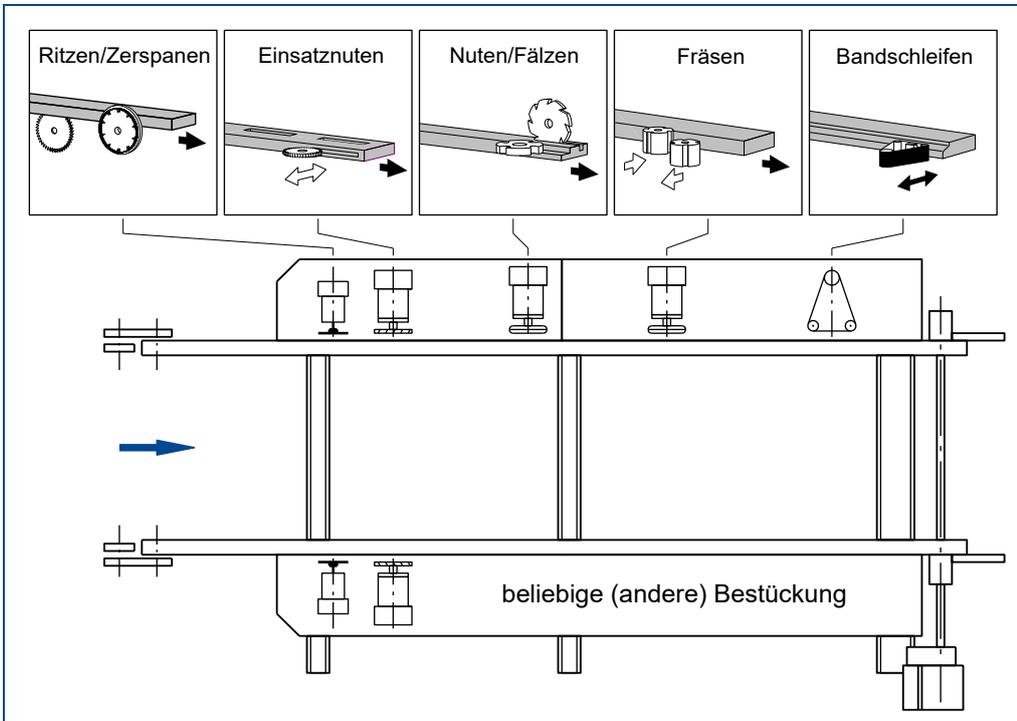


Abbildung 116: Doppelendprofiler mit Bestückungsbeispiel (Aufsicht)

Für die Fußbodenfertigung gibt es High-end-Lösungen mit sehr komplexen Maschinen und Vorschubgeschwindigkeiten von bis zu 300 m/min.



Abbildung 117: Doppelend-Profiler mit umfangreicher Ausstattung und sehr hoher Leistung für den Fußbodenbereich © HOMAG Group AG

Der Einsatz dieser Maschinen mit derart hohen Vorschubgeschwindigkeiten bedingt eine gute Planung der vor- und nachgelagerten Einrichtungen. Verständlicherweise kann bei 300 m/min Vorschub keine Abnahme der Teile durch Personen erfolgen, hier sind automatische Stapelsysteme erforderlich.

Weitere Beispiele für den Einsatz von Doppelendprofilern sind:

Holzwerkstoff-Industrie

Türenfertigung

Gipskarton-, Gipsfaser, Mineralfaser-, Zementfaser-, Zementspanplatten

Fensterfertigung



Abbildung 118: Doppelendprofiler Winkelanlage für die Sperrholz-Formatierung,
© SCHWABEDISSEN Maschinen GmbH

Oft werden Doppelendprofiler bei der industriellen Fertigung in komplette Transferstraßen integriert. Die Abbildung oberhalb zeigt den Einsatz als Winkelanlage für das Besäumen von Sperrholzplatten. Die Winkelanlage erlaubt eine vierseitige Komplettbearbeitung. Auf der Abbildung oberhalb ist auch die Funktionsweise der Winkelübergabe zuerkennen. Das Werkstück läuft auf Rollen bis zum Anschlag und wird dann durch den hochfahrenden Gurtförderer oberhalb der Rollen bis zum Einzug der nächsten Maschine befördert.

7.2 Fertigungsprozesse mit Bearbeitungszentren

Die Anzahl der computer-numerisch-gesteuerten Bearbeitungsmaschinen hat in der gesamten Holzverarbeitung stark zugenommen. Zunehmende Produktvielfalt bei geringer Seriengröße bis hin zur Fertigung nach Kundenwünschen (Fertigung der Stückzahl 1) wären ohne die Mikroprozessor-Technik nicht möglich.

An erster Stelle dieser neuen Maschinengeneration stehen die CNC-Oberfräsen, aus denen sich so vielseitig einsetzbare Maschinen entwickelten, dass sie wohl zu Recht als **Bearbeitungszentrum** bezeichnet werden dürfen. Mit einem Bearbeitungszentrum ist die komplette Bearbeitung des Werkstückes in einer Aufspannung möglich. Die Bearbeitungsverfahren Konturen- und Flächenfräsen, Bohren von Reihenloch- und Einzelbohrungen in allen Richtungen, Nuten und Schleifen sind in einer Maschine vereint. Werkzeugwechselsysteme verringern die Werkzeugwechselzeiten und nehmen die verschiedenen Werkzeuge wie Fräs-, Säge- und Schleifaggregate auf. Der innerbetriebliche Transport und die Beschickungszeiten lassen sich erheblich reduzieren. Auf großen Bearbeitungsflächen können gleichzeitig mehrere Werkstücke aufgespannt werden.

Tandemtische ermöglichen ein wechselseitiges Aufspannen bei gleichzeitiger Bearbeitung auf einem der Tische.

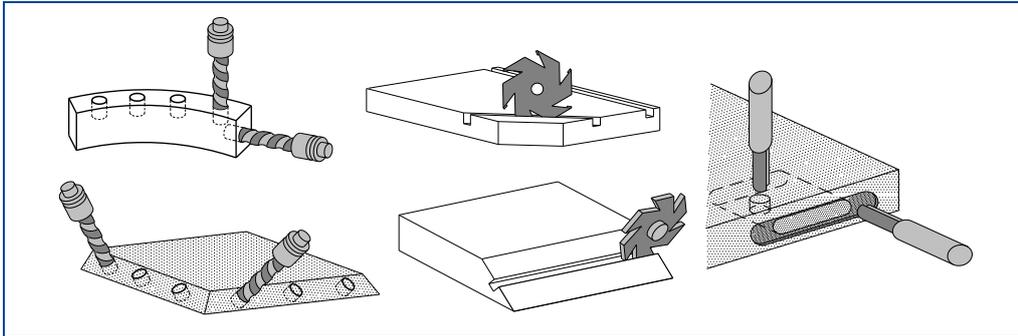


Abbildung 119: Anwendungsbeispiele

In diesem Kapitel soll ein allgemeiner Überblick erfolgen. Die Grundlegende Arbeitsweise und die Programmierungen der Bearbeitungszentren erfolgt im Modul M4_LSK5. Maschinen nur mit Oberfrästechnik werden nicht mehr angeboten. Von der kleinen Handwerksmaschine bis hin zur industriellen Großmaschine haben diese Maschinen immer mehr als nur Oberfräser im Einsatz. Die Einteilung der Maschinentypen in Maschinenkategorien oder Maschinenklassen ist kaum möglich, da der Übergang der Maschinengrößen und Ausstattungen übergangslos ist. Eine grundsätzliche Unterscheidung ist jedoch die Einteilung in 3-Achs- und 5-Achsmaschinen und eine grobe Unterscheidung nach der Größe.

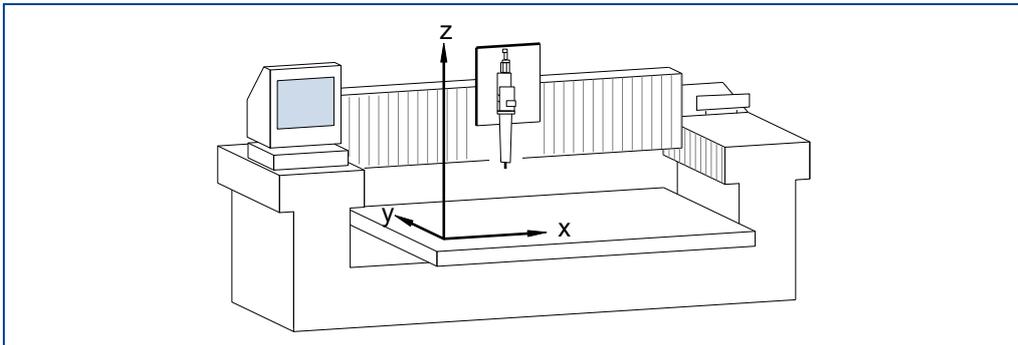


Abbildung 120: Prinzipzeichnung einer 3-Achsmaschine mit den Achsen x, y und z

Die klassische **3-Achsmaschine** hat ein Hauptaggregat welches in den drei Achsen x,y und z arbeiten kann. Die vierte Achse (C-Achse) wird als vertikale Drehachse hauptsächlich für Säge- und Bohraggregate verwendet und ist bei den meisten Bearbeitungszentren heute Standard.

Die **5-Achsmaschine** (A/B-Achse) hat eine zusätzliche horizontale Drehachse mit der sich die Hauptspindel programmgesteuert frei im Raum bewegen kann. Die Bewegung der Hauptspindel einer 5-Achsmaschine ist vergleichbar mit der Bewegung eines Roboterarmes.



Abbildung 121: Beispielanwendungen für die 3-Achsmaschine

© HOMAG Group AG

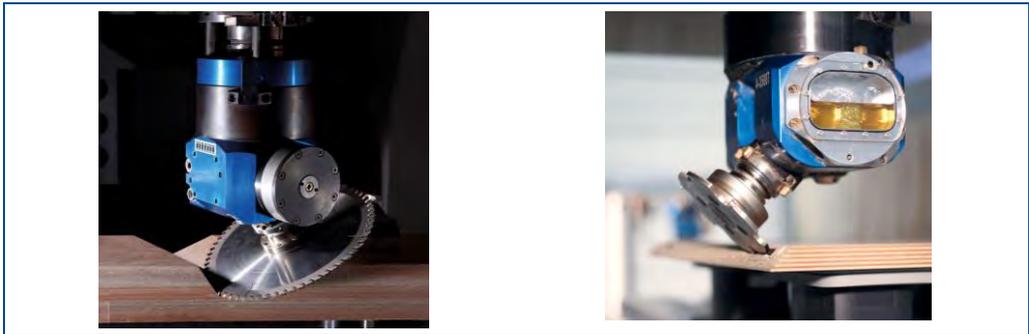


Abbildung 122: Beispielanwendungen für die 4-Achstechnik

© HOMAG Group AG

Der Schwerpunkt der kompakten **Einstiegsmaschinen** ist die Bearbeitung durch einfache Formatierungen und Ausfräsungen, Bohrungen aller Art und die Arbeit mit Nutwerkzeugen. Diese Maschinen arbeiten mit 4-Achstechnik und haben einen geringen Platzbedarf. Die Aufstellfläche von ca. 5 m² erleichtert so manchem Handwerksbetrieb den Einstieg in die CNC-Technik.



Abbildung 123: Kompakte CNC-Bearbeitungszentren (Einstiegsmaschinen) mit sehr geringem Platzbedarf
links: © FELDER KG, rechts: © HOMAG Group AG

Die typischen **Universalmaschinen** im Handwerk und Industrie haben einen großen Bearbeitungstisch mit verschiebbaren Vakuumspanelementen. Diese Maschinen sind für fast alle Aufgaben in der Möbelherstellung und im Innenausbau gut geeignet. Auch diese Maschinen arbeiten mit 4-Achstechnik.



Abbildung 124: Beispiel für Universalmaschine mit 4-Achstechnik, © Biesse Deutschland GmbH

Für besondere Aufgaben werden die **5-Achs-Bearbeitungszentren** eingesetzt. Typische Einsatzmöglichkeiten ist der Treppenbau mit gekrümmten Handläufen oder die sonstige 3D-Teilebearbeitung.



Abbildung 125: gefrästes 5-Achs-Produkt (Badewanne aus Holz)

7.3 Fertigungsprozesse mit mehrstufigen Fertigungssystemen (Transferstraßen und flexiblen Fertigungslinien)

Der Begriff **Transferstraße** beschreibt Fertigungssysteme bei denen der Transport der Werkstücke von Bearbeitungsstation zu Bearbeitungsstation automatisch erfolgt. In der Großserienfertigung von Möbeln und in der industriellen Produktion werden diese Systeme vielfach verwendet. Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Ablaufschema für eine Korpusmöbelfertigung.

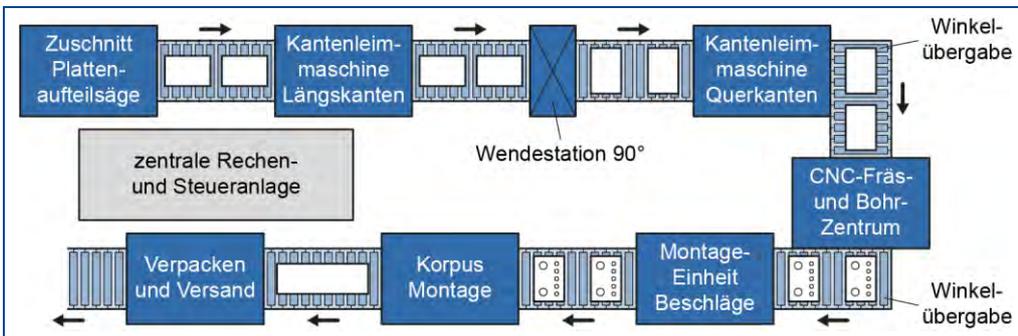


Abbildung 126: Layout für eine Transferstraße in der Korpusmöbel-Produktion

Bei dem Beispiel oberhalb, beginnt die Fertigung mit dem Zuschnitt der Platten auf einer Plattenaufteilsäge. Die Lagerung der verschiedenen Plattenausführungen ist in der Regel mit der Plattenaufteilsäge gekoppelt.

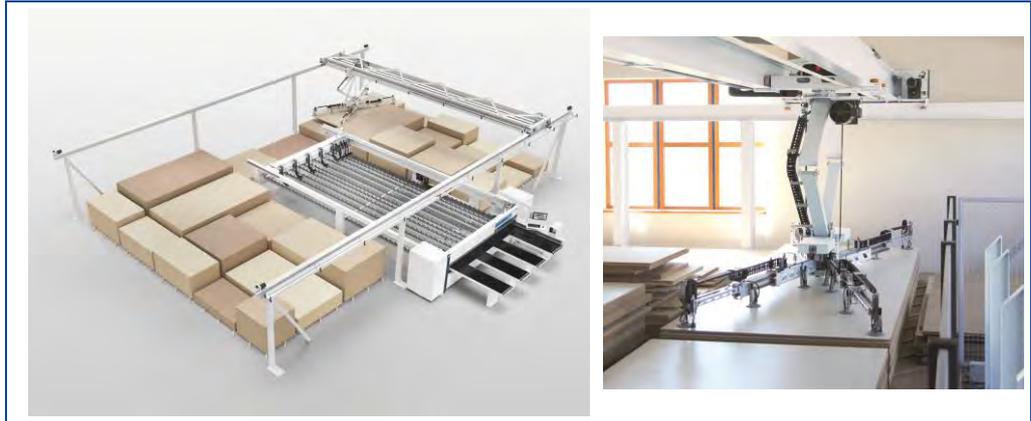


Abbildung 127: Beispiel für ein automatisiertes Plattenlager mit einer Plattenaufteilsäge, rechts Vakuumheber © HOMAG Group AG

Bei der, in der Abbildung oberhalb gezeigten, Anlage werden die Platten mittels Vakuumsaugern auf die Plattensäge gelegt. Rechts in der Abbildung sind die Vakuumsauger im Detail zusehen. Nach der Plattensäge wird häufig eine **Pufferstation** eingeplant. Pufferstationen sind notwendig, da nicht alle Maschinen immer im gleichen Takt arbeiten. Die nach der Plattensäge angeordneten Kantenanleimmaschinen und das CNC-Fräs- und Bohrzentrum könnten mit der gleichen Geschwindigkeit / Taktzahl arbeiten, sodass hier nicht unbedingt Puffer vorgesehen werden müssen. Oft wird aber auch nach der Kantenbearbeitung ein weiterer Puffer eingeplant. Die beiden geplanten Kantenanleimmaschinen müssen als doppelseitige Maschinen ausgelegt sein. Zwischen der Längskantenbearbeitung und der Aufbringung der Querkanten muss eine Wendestation vorhanden sein. Die nachfolgende Layout-Zeichnung zeigt die Abfolge: Puffer – Beschickung – Längskantenbearbeitung – Drehstation – Querkantenbearbeitung.

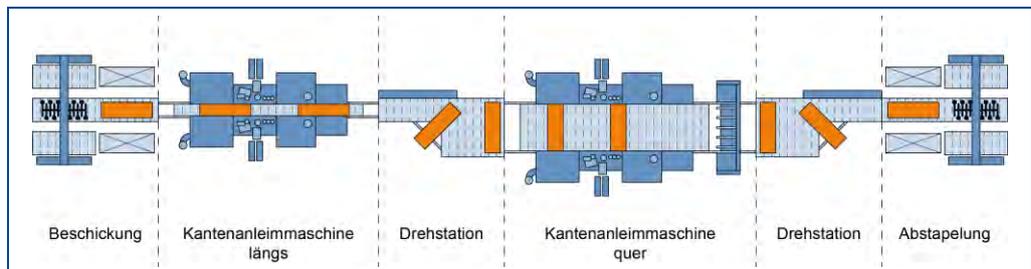


Abbildung 128: Layout-Zeichnung: Puffer – Beschickung – Längskantenbearbeitung – Drehstation – Querkantenbearbeitung

Da die Länge der Transferstraßen oft durch bauliche Gegebenheiten begrenzt ist, müssen Winkelübergaben eingeplant werden. Vor oder nach der Winkelübergabe aus Abbildung 124 ist ein weiterer Puffer sinnvoll. Die nachfolgende Layout-Zeichnung zeigt diesen zusätzlichen Puffer.

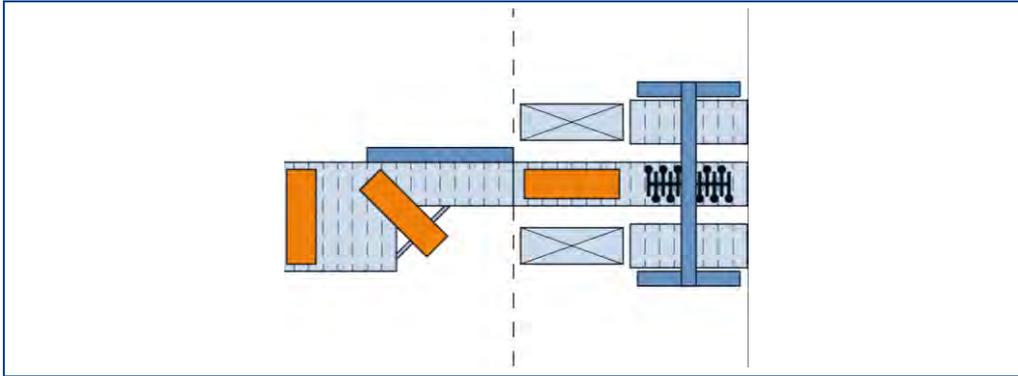


Abbildung 129: Zwischenpuffer nach der zweiten Kantenleimmaschine mit Drehstation

Die Lagerung der Werkstücke in Pufferstationen wird häufig in Längsausrichtung der Teile geplant. Diese Lagerungsart ist für die typischen Möbelformate von der Maschinenteknik sehr viel einfacher, daher ist hier nochmals eine Drehstation eingeplant.

Für die Beschickung des CNC- Fräs- und Bohrzentrums werden in modernen leistungsfähigen Anlagen auch Roboter zur Beschickung eingesetzt. Die Beschickung eines Bearbeitungszentrums ist ein typischer Einsatz für den Roboter. Weitere Details zum Robotereinsatz werden im nachfolgenden Kapitel erläutert.



Abbildung 130: Einsatz eines Roboters für die Beschickung eines Bearbeitungszentrums
© HOMAG Group AG

Nach der Bearbeitung auf dem BAZ mit allen Ausfräsungen und Bohrungen werden bei der Korpusmöbel-Produktion die Beschläge auf die Innenseiten der Seitenwände montiert. Diese Arbeiten, ob vollautomatisiert, teilautomatisiert oder von Hand montiert benötigen auf alle Fälle Puffer. Die Montage der Beschläge auf einer liegenden Seitenwand ist wesentlich einfacher und schneller als die Montage im verleimten Korpus, daher werden, wenn irgendwie möglich, alle Beschläge auf die Innenseite der Seitenwände montiert. Die Beschläge-Industrie hat diese Forderung umgesetzt und bietet bei großen Beschlägen mehrteilige Ausführungen an, sodass der eine Teil auf die Seitenwand im liegenden Zustand montiert werden kann.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die automatische Zuführung der Korpusteile für die Korpusverleimpresse. Die vielen Elemente der Maschine sind etwas verwirrend, aber beim genauen Hinsehen sind die Seitenwände mit vormontierten Schubkastenführungen zuerkennen.

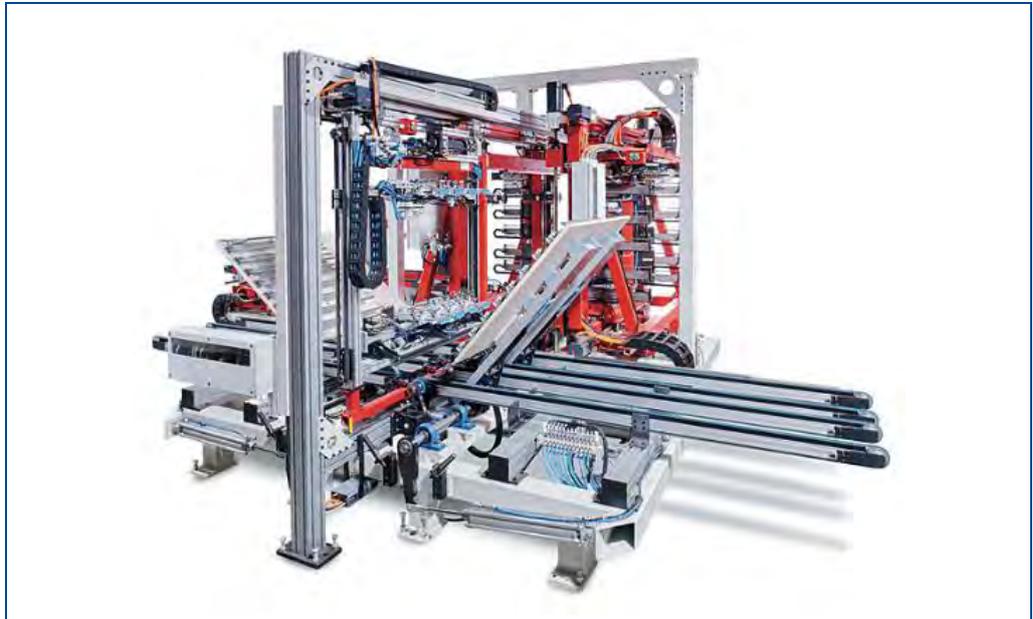


Abbildung 131: Automatische Teilezuführung für die Korpuspresse,
© Priess, Horstmann & Co. Maschinenbau GmbH & Co. KG

Bei der Möbelproduktion werden die komplett verleimten Möbel und auch Einzelteile in Pappkartons verpackt. Diese umweltfreundliche Verpackung hat eine besondere Wertigkeit, wenn die Kartons passend zur Größe der jeweiligen Möbel gefertigt werden. Ein zusammenquetschen und Einschneiden der Verpackungen oder eine Verpackung mit Luftpolsterfolie ist nicht umweltfreundlich und macht keinen wertigen Eindruck. Für diese Arbeiten gibt es in einer gut ausgestatteten Fabrik **Kartonschneidemaschinen** und **Kartonverschlussmaschinen**.

Diese Maschinen können sowohl als Stand-alone-Lösungen oder als Integration in eine Verpackungslinie eingesetzt werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Kartonverschlussmaschine.



Abbildung 132: Kartonverschlussmaschine

© HOMAG Group AG

Die Steuerung der kompletten Transferanlage erfolgt durch Software gesteuerte **Fertigungsleitsysteme**. Die wichtigsten Grundelemente dieser Software sind:

- Auftragsterminierung
- Systematische, regelgesteuerte Produktionsdaten
- Datenübertragung an die Maschinenterminals
- Lösungen für Sortieren und Kommissionieren

Grundlage der Auftragsterminierung ist häufig der Versandtermin der jeweiligen Produkte. Auf Grundlage dieser Termine werden die Produktionsdaten von der Software zusammengestellt und der Fertigungsanlage übergeben. Die Produktionsreihenfolge wird durch die Software auf Grund der Bearbeitungsschritte optimiert. Die Systeme sind für eine Serienfertigung von vielen gleichen Teilen oder für die Kommissionsfertigung jeweils optimiert.

Transferstraßen haben eine sehr hohe Produktivität, aber ein längerer Ausfall einer Transfermaschine führt zum Stillstand der Produktion. Eine Änderung einer Transferstraße durch eine andere Produktausprägung ist nur mit hohem Aufwand machbar. Die zunehmende Produktindividualisierung und die Verringerung der Stückzahlen erfordert in vielen Betrieben den Einsatz von **flexiblen Fertigungslinien**.

Die nachfolgende Layout-Zeichnung zeigt einen möglichen Ablauf in einer größeren Küchenmöbelfabrik mit kommissionsweiser Fertigung und flexiblen Fertigungslinien. Dargestellt ist der Bereich bis zur Einzelteilefertigung in ein Zwischenlager.

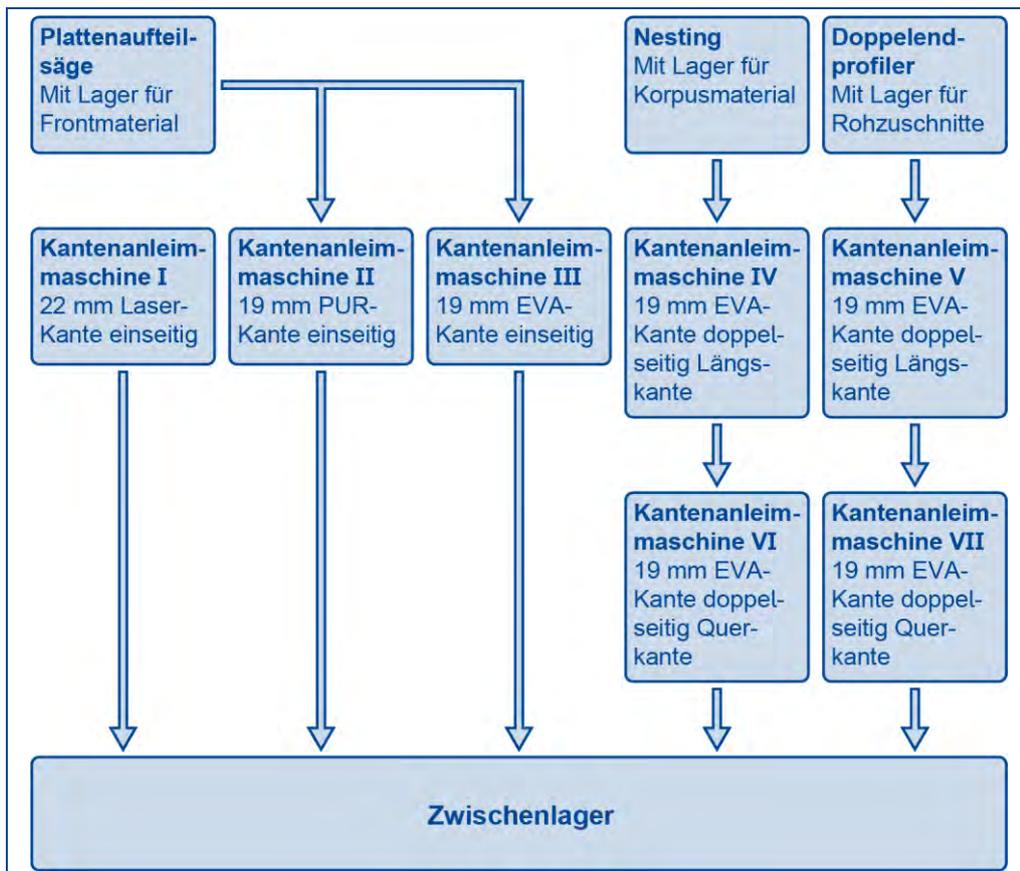


Abbildung 133: Fertigungsablauf mit flexiblen Fertigungslinien in einer Küchenmöbelfabrik

Die Abbildung zeigt fünf flexible Fertigungslinien. Die drei Fertigungslinien für das Frontmaterial sind nach Art der Kantenverleimung und der Frontstärke aufgeteilt. Die dreier Teilung ist dem Produktportfolio des Herstellers entsprechend geplant. Durch Vorplanung auf eine Materialstärke und eine Verleimtechnik für jeweils eine Maschine, ergibt sich ohne Umrüstung eine optimale Fertigung. Die Lasermaschine hat zusätzlich ein PUR-Kantenanleim-Aggregat und die PUR-Maschine ein zusätzliches EVA-Aggregat. Selbstverständlich können alle Maschinen auf 19 mm oder 22 mm eingestellt werden. Durch diese Anordnung kann flexibel zwischen den 3 Fertigungslinien bei Kapazitätsproblemen einer Maschine, Maschinenausfall oder im Krankheitsfall gewechselt werden. Die einseitigen Kantenanleimmaschinen sind mit Rückführungen ausgestattet und können so kostengünstig von einer Person bedient werden.

Die Planung der beiden Fertigungslinien für das Korpusmaterial beruht auf der Einkaufsmöglichkeit von sehr preisgünstigen Fixmaßen für das Standard-Korpusmaterial. Dieses Material wird in den häufigsten Abmessungen (A-Teile) in großen Mengen eingekauft. Der günstige Einkauf ergibt sich aus der Lieferung der Rohmaße (Fertigmaß mit Zugabe) und der Verwendung von nur 3 Korpusfarben. Für die Formatierung dieser Zuschnitte ist die Verwendung eines Doppelendprofilers optimal. Korpusteile die in kleiner Menge (B und C Teile) gebraucht werden, können mit der Nesting-Linie gefertigt werden. Die Nesting-Linie kann auch zum Ausgleich von Lieferengpässen der Fixmaßstraße eingesetzt werden.

8 Modul 5 LSK 1: „Grundlagen der Produktionsplanung und Produktionssteuerung“

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

- 1 Produktionsprogramm und Auftrag**
Aufgaben zu Kapitel 1
- 2 Grundlagen der Arbeitsvorbereitung (AV)**
 - 2.1 Erzeugnisstrukturen als Basisdokumente für die AV
 - 2.2 Zeichnungen als Basisdokumente für die AV
 - 2.3 Stücklisten als Basisdokumente für die AV
 - 2.3.1 Aufbau und Inhalt von Stücklisten
 - 2.3.2 Stücklistendifferenzierung nach Struktur und Verwendung
 - 2.3.3 Teile- und Baugruppen-Verwendungsnachweise
 - 2.4 Arbeitsplanung im Rahmen der AV
 - 2.4.1 Aufbau und Inhalt von Arbeitsplänen
 - 2.4.2 Ablauf der manuellen Arbeitsplanerstellung
 - 2.4.3 Rechnergestützte Arbeitsplanerstellung
 - 2.5 Arbeitssteuerung im Rahmen der AV
 - 2.6 Die AV in der BetriebsorganisationAufgaben zu Kapitel 2 70
- 3 Allgemeine Grundlagen der Produktionsplanung und Produktionssteuerung**
 - 3.1 Grundlagen der Materialplanung und Materialsteuerung
 - 3.2 Grundlagen der Kapazitätsplanung und –steuerung
 - 3.3 Grundlagen der Personalplanung und –steuerung
 - 3.4 Grundlagen der Betriebsmittelplanung und –steuerung
 - 3.5 Grundlagen der Durchlaufzeit und Terminermittlung
 - 3.6 Bedeutung von Nummernsystemen für die Planung und SteuerungAufgaben zu Kapitel 3
- 4 Grundlagen von Produktionsplanungs- und Steuerungssystemen (PPS)**
 - 4.1 Grundgedanke und Ziele von PPS
 - 4.2 Grundlagen von EDV-gestützter PPS
 - 4.3 Allgemeine Kriterien zur Beurteilung und Auswahl von PPS-Systemen
 - 4.3.1 Grobauswahl von PPS-Systemen
 - 4.3.2 Feinauswahl von PPS-SystemenAufgaben zu Kapitel 4
- 5 Ausgewählte Betriebsplanungen**
 - 5.1 Zeit- und Ablaufplanung im Rahmen einer Betriebsplanung
 - 5.2 Materialflussuntersuchung und -planung im Rahmen einer Betriebsplanung
 - 5.3 Klassifikation mittels ABC-Analyse
 - 5.4 Arbeitsplatzgestaltung im Rahmen einer Betriebsplanung
 - 5.5 Layoutplanung im Rahmen einer Betriebsplanung
 - 5.6 Betriebsmittelbeschaffung im Rahmen einer BetriebsplanungAufgaben zu Kapitel 5

Lösungsanhang

Einleitung

In Deutschland werden allein in der Möbelindustrie Umsatzerlöse in der Größenordnung von jährlich 20 Milliarden Euro erwirtschaftet. Neben den Standardmöbeln, die als Massenware angeboten werden, erweitert sich zunehmend das Angebot an Fabrikaten, bei denen sich der Kunde aus einer Vielzahl von Varianten (was z.B. Form, Farbe, Griffe, Ausstattung usw. angeht) „sein“ Produkt wunschgemäß konfigurieren kann. Die sich daraus ergebende Angebotsvielfalt führt für die anbietenden Unternehmen zu der Herausforderung, die komplexen produktbezogenen und auftragsbezogenen Prozesse so zu bewältigen, dass die Produkte schnell, vollständig und in hoher Qualität beim Kunden ankommen. Ein wesentliches Erfolgskriterium bildet hierbei die Effizienz und Effektivität der Produktionsplanung und Produktionssteuerung (kurz PPS).

Für Staatlich geprüfte Holztechnikerinnen und Staatlich geprüfte Holztechniker ergibt sich im Bereich der PPS ein bedeutsames und interessantes Beschäftigungsfeld in der Rolle als kompetente Person im Produktionsmanagement. Bezogenen auf die Begrifflichkeiten in Organigrammen könnten sich daraus Stellenbezeichnungen wie z.B.

Sachbearbeiter(in), Gruppen- oder Abteilungsleiter(in) der Arbeitsvorbereitung (AV)

Assistent(in) der Betriebsleitung oder Betriebsleiter(in)

Assistent(in) der Produktionsleitung oder Produktionsleiter(in)

Leiter(in) einer betrieblichen Abteilung wie z.B. Teilefertigung, Oberfläche oder Montage
Projektleiter(in) für produktionsnahe Vorhaben

ableiten. Die erfolgreiche Arbeit in der Produktionsplanung und Produktionssteuerung ist auf Grund ihrer Komplexität jedoch auch voraussetzungsreich und anspruchsvoll. So bildet die Kenntnis der PPS-Begrifflichkeiten mit ihren jeweiligen Bedeutungen und deren Zusammenhängen eine erste Mindestanforderung für kompetentes Handeln in diesem Bereich. Die folgende Tabelle 19 stellt beispielhaft einige Kernbegriffe im PPS-Umfeld da.

Tabelle 19: Ausgewählte Kernbegriffe aus dem Bereich der Produktionsplanung und Produktionssteuerung

Begriff	Kurze Erläuterung
ERP	Enterprise Resource Planning – Systeme: Mächtige EDV-Systeme, die den Anspruch haben, sämtliche Unternehmens-Ressourcen (Betriebsmittel, Material, Energie, Personal, usw.) ganzheitlich gesehen so effizient bzw. wirtschaftlich wie möglich einsetzen zu können. Module bzw. Subsysteme von ERP-Systemen sind EDV-PPS-Systeme.
PPS	Produktionsplanung und Produktionssteuerung: Der Begriff PPS wird häufig auch für EDV-PPS-Systeme verwendet. Dabei handelt es sich um ein Computersystem auf der Basis von Datenbanken, das die Anwender bei der Produktionsplanung unterstützt und die anfallenden Daten verwaltet.
Planung	Systematische Beschäftigung mit zukünftigen Aufgaben oder Ereignissen um Entscheidungen und Handlungen so vorzubereiten, dass die Ziele (gedachte, gewünschte Zustände in der Zukunft) erreicht werden.
Produktionsplanung	Besteht aus mehreren Hauptaufgaben wie Produktionsprogrammplanung, Produktionsbedarfsplanung, Eigen- und Fremdfertigungsplanung, Arbeitsplanung (Arbeitsplanerstellung und -verwaltung, Planung von Fertigungsmitteln und sonstigen Ressourcen, CNC-Programmierung), Materialwirtschaft, Termin- und Kapazitätsplanung. Die Produktionsplanung ist zukunftsorientiert.
Produktionssteuerung	Die Produktionssteuerung besteht aus drei Hauptaufgaben: Veranlassung (z.B. Auftragsfreigabe für den Produktionsstart) Überwachung (z.B. regelmäßiger Vergleich der SOLL-Daten aus der Produktionsplanung mit den rückgemeldeten IST-Daten aus der laufenden Produktion)

	<p>Sicherung (z.B. Eingreifen in den Produktionsprozess, wenn die rückgemeldeten IST-Daten außerhalb der SOLL-Vorgaben aus der Planung liegen)</p> <p>Die Produktionssteuerung ist gegenwartsorientiert und wird häufig mit Sub-Systemen wie MES, BDE und MDE unterstützt.</p>
MES	<p>Manufacturing Execution Systems (auch: Fertigungsleit- bzw. Produktionsleitsystem genannt): Werkstattsteuerung in Echtzeit. Bei der Rückmeldung der IST-Daten bedienen sich MES-Systeme häufig der BDE und MDE.</p>
BDE	<p>Betriebsdatenerfassung: Direkte digitale Erfassung, Zwischenspeicherung und Weiterleitung von z.B. betrieblichen Auftrags-, Prozess- und Personaldaten. Die BDE wird häufig durch MDE ergänzt, bzw. MDE-Daten speisen als Subsystem die BDE.</p>
MDE	<p>Maschinendatenerfassung: Automatisch von den Betriebsmitteln generierte Daten wie z.B. Auslastungsgrad, Laufzeiten, Stillstandzeiten, Energieverbrauch usw.</p>

Wie gesagt, die Tabelle gibt nur einen kleinen Teil der Fachbegrifflichkeiten im Bereich der Produktionsplanung und Produktionssteuerung wieder. Um in diesem Bereich betrieblich zumindest kompetent mitreden zu können (und selbstverständlich auch für die Prüfung), ist es empfehlenswert, sich bei der Erarbeitung dieses Lernskriptes die Fachbegrifflichkeiten aktiv zu veranschaulichen, z.B. durch die Visualisierung in einem selbst erstellten Mindmap.

Die Planung und Steuerung der Produktion ist auch deshalb anspruchsvoll, weil die organisatorischen, logistischen, planerischen, steuerungs-, und EDV-technischen Entscheidungen oder Handlungen sich in dem sozio-technischen System „Betrieb“ abspielen. Dadurch, dass hier Menschen zum einen miteinander und zum anderen mit Strukturen (z.B. Aufbauorganisation/Organigramm) und Prozessen (z.B. Ablauforganisation), Infrastruktur, Betriebsmitteln ein System bilden, steigt die zu berücksichtigende Komplexität. D.h. die planende und steuernde Person sollte auch entsprechenden Kenntnisse im Bereich der Führungsaufgaben mitbringen. Nicht nur in Zeiten, in denen kompetente Mitarbeiter (m/w/d) auf dem Arbeitsmarkt schwer zu bekommen sind, sollte auch bei der Produktionsplanung und Produktionssteuerung eine mitarbeiterorientierte und zielorientierte Führung praktiziert werden. Die Grundlagen der Personalführung wurden im Modul sechs dieses Lehrgangs bereits in Lernsituationen bearbeitet.

Ebenso gilt es in diesem Arbeitsfeld, den Arbeits- und Gesundheitsschutz für die Mitarbeitenden zu berücksichtigen. Für ganzheitliche Handlungen im Produktionsmanagement sind zudem noch ökologische Aspekte wie Energieeinsparung und Abfallvermeidung von wachsender Bedeutung. Diese und weitere Themen wie das Instandhaltungsmanagement bilden den Inhalt des zweiten Lernskriptes dieses Moduls.

Anhang
LS 2-1 LSU 1: „Erweiterung eines Optik- und Akustik-Centers“

Im Folgenden: Beispiel einer Unterlage, die als Datenbasis zur Bearbeitung einer Lernsituation im Modul 2 dient.

Kunde:

Frank Meier (Inhaber)
Ladengeschäft „Optik- und Akustik Meier“
Im neuen Brink 17, 40025 Düsseldorf

**Ist-Zustandsbeschreibung:
Bestandspläne, Zeichnungen, Bilder und Ausstattung des Centers**

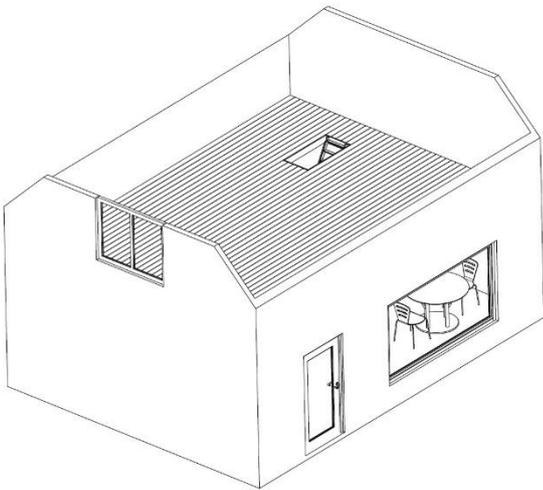
Inhalt

1 Gebäudezeichnungen	2
1.1 Perspektiven vom Ladengeschäft und dem Dachboden	2
1.2 Grundriss des Ladengeschäftes	3
1.3 Grundriss des Dachbodens	4
1.4 Frontalschnitte	5
1.4.1 Schnitt mit Blick auf Eingangstür und Schaufenster (Schnitt D-D)	5
1.4.2 Schnitt mit Blick auf Verkaufstheke und Verkaufsschrank bzw. Verkaufsregal (Schnitt C-C)....	5
1.5 Vertikalschnitte durch Verkaufstheke und auf den Betreuungsplatz (Schnitte A-A und B-B)	6
2 Gebäudebilder	6
2.1 Bilder des Ladengeschäftes	6
2.1.1 Bild 1: Blick zum Beratungsplatz, zur Tür der Dachgeschosstreppe und zur Tür des Nebenraums	6
2.1.2 Bild 2: Blick vom Beratungsplatz auf die Theke und auf die Tür zum WC.....	7
2.1.3 Bild 3: Blick von der Theke zur Eingangstür und zum Beratungsplatz	7
2.1.4 Bild 4: Blick von innen auf das Schaufenster und die Eingangstür	8
2.1.5 Bild 5: Blick auf den Beratungsplatz und den Verkaufsschrank bzw. das Verkaufsregal	8
2.1.6 Bild 6: Blick auf das Verkaufsregal und zu den Türen zum Nebenraum und zum Treppenaufgang	9
2.2 Bilder des Dachbodens.....	10
2.2.1 Bild 7: Blick auf die Giebelwand der Treppenseite	10
2.2.2 Bild 8: Blick auf die Giebelwand der Fensterseite.....	10
2.2.3 Bild 9: Blick auf Raumdecke in Richtung Giebelfenster	11
3 Materialliste.....	11
3.1 Fußboden des Ladengeschäftes	11
3.2 Wände des Ladengeschäftes	11
3.2.1 Außenwände.....	11

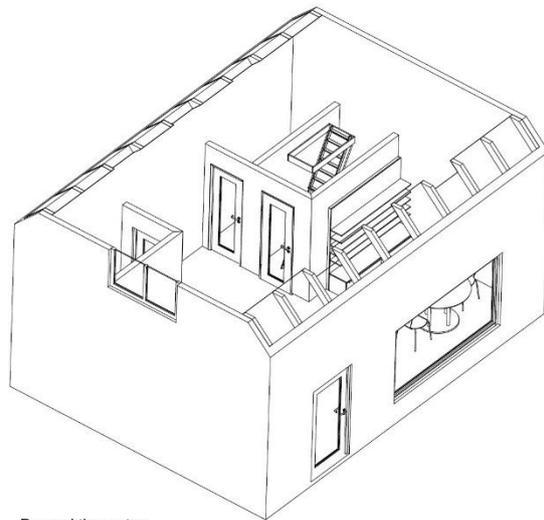
3.2.2 (Leichte) Trennwände	11
3.3 Decke des Ladengeschäftes	12
3.4 Fußboden des Dachbodens	12
3.5 Kniestock des Dachbodens	12
3.6 Dachschrägen	12
3.7 Kehlbalkenlage	12
3.8 Giebelwände des Dachgeschosses	12
3.9 Innentüren des Ladengeschäftes	12
3.10 Inneneinrichtung/Möblierung des Ladengeschäftes	12
3.10.1 Verkaufstheke	12
3.10.2 Regal neben dem Beratungstisch	13
3.10.3 Beratungsplatz mit Tisch und 2 Stühlen	13

1 Gebäudezeichnungen

1.1 Perspektiven vom Ladengeschäft und dem Dachboden

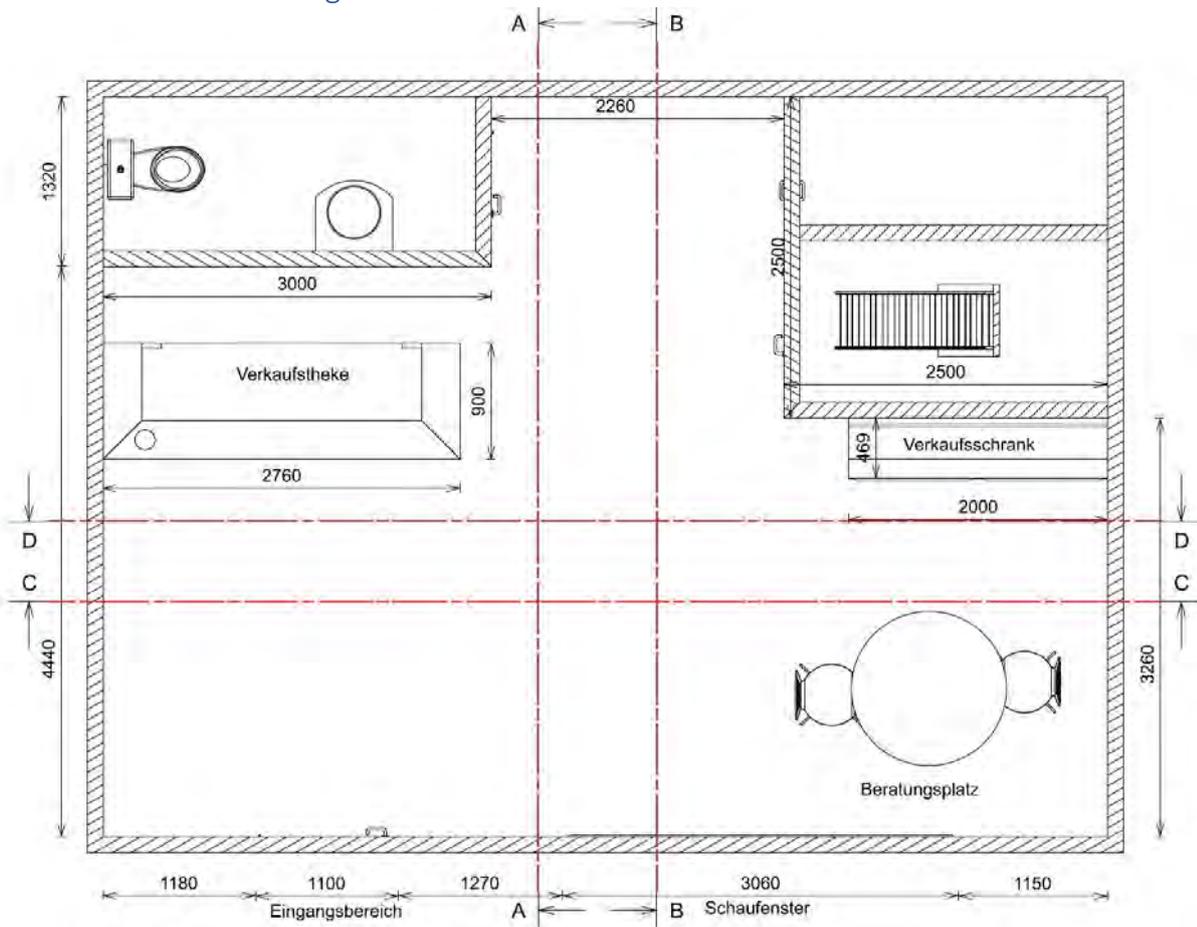


Perspektive Oben

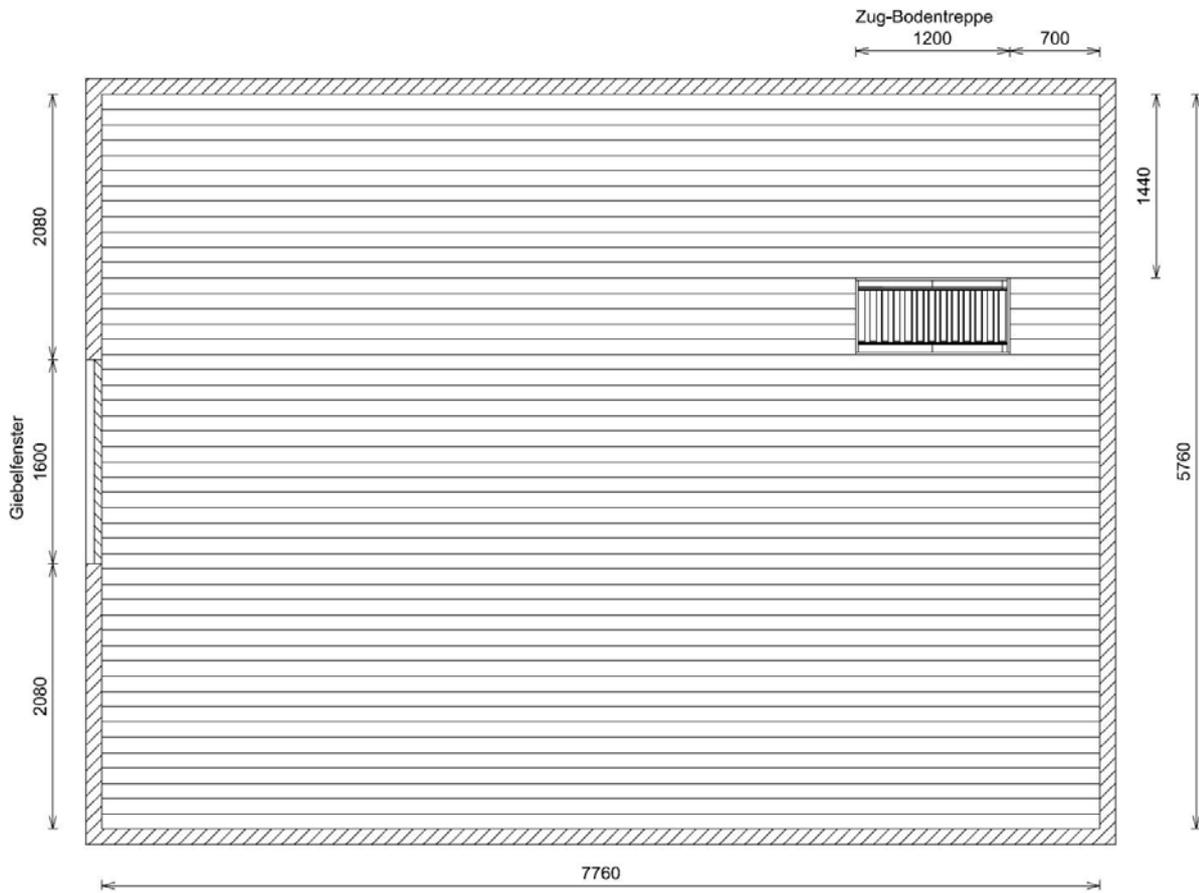


Perspektive unten

1.2 Grundriss des Ladengeschäftes

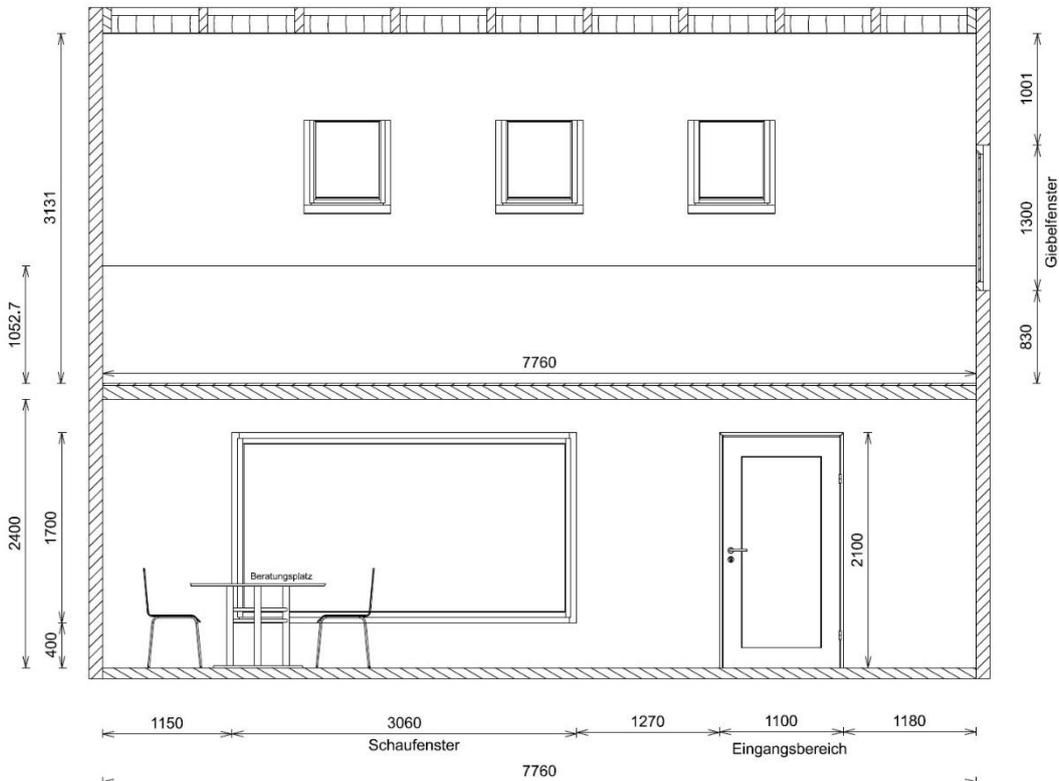


1.3 Grundriss des Dachbodens

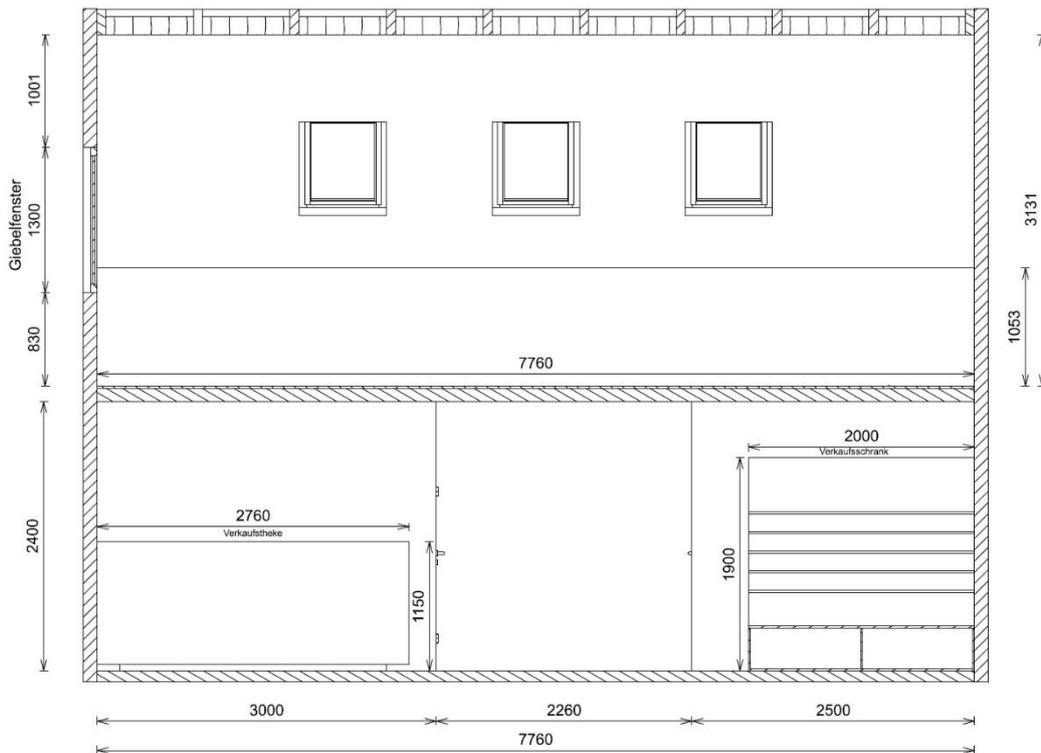


1.4 Frontalschnitte

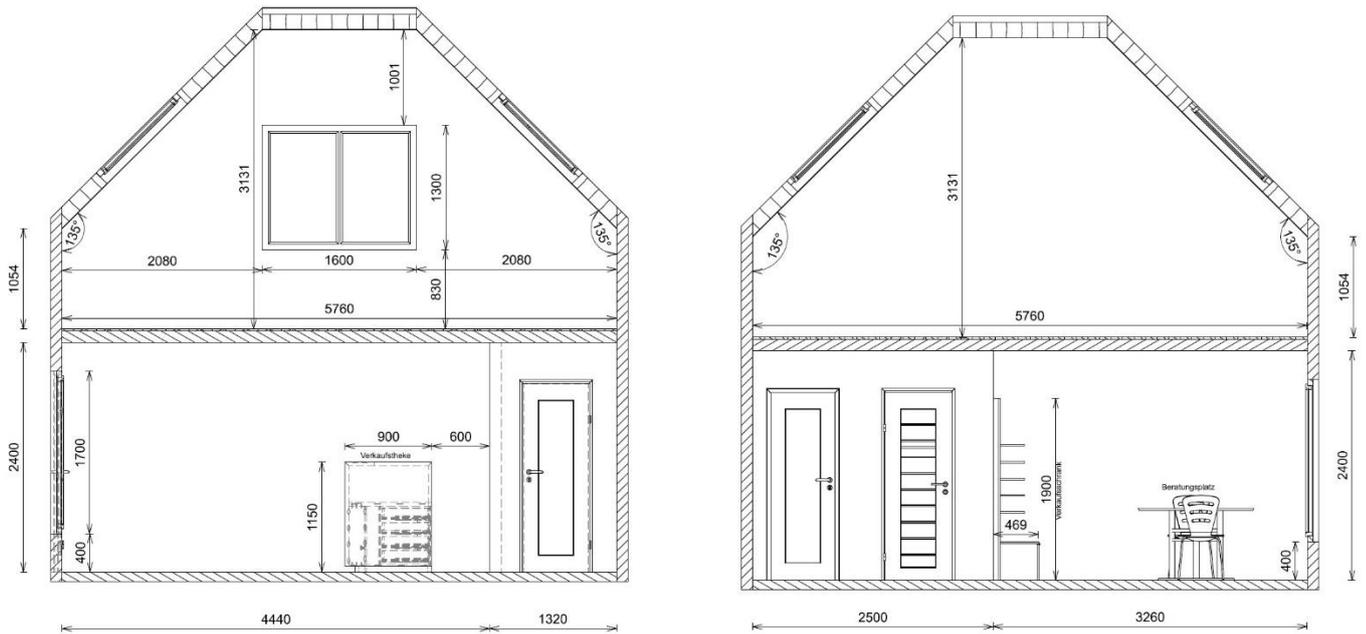
1.4.1 Schnitt mit Blick auf Eingangstür und Schaufenster (Schnitt D-D)



1.4.2 Schnitt mit Blick auf Verkaufstheke und Verkaufsschrank bzw. Verkaufsregal (Schnitt C-C)



1.5 Vertikalschnitte durch Verkaufstheke und auf den Beratungsplatz (Schnitte A-A und B-B)



2 Gebäudebilder

2.1 Bilder des Ladengeschäftes

2.1.1 Bild 1: Blick zum Beratungsplatz, zur Tür der Dachgeschosstreppe und zur Tür des Nebenraums



2.1.2 Bild 2: Blick vom Beratungsplatz auf die Theke und auf die Tür zum WC



2.1.3 Bild 3: Blick von der Theke zur Eingangstür und zum Beratungsplatz



2.1.4 Bild 4: Blick von innen auf das Schaufenster und die Eingangstür



2.1.5 Bild 5: Blick auf den Beratungsplatz und den Verkaufsschrank bzw. das Verkaufsregal



2.1.6 Bild 6: Blick auf das Verkaufsregal und zu den Türen zum Nebenraum und zum Treppenaufgang

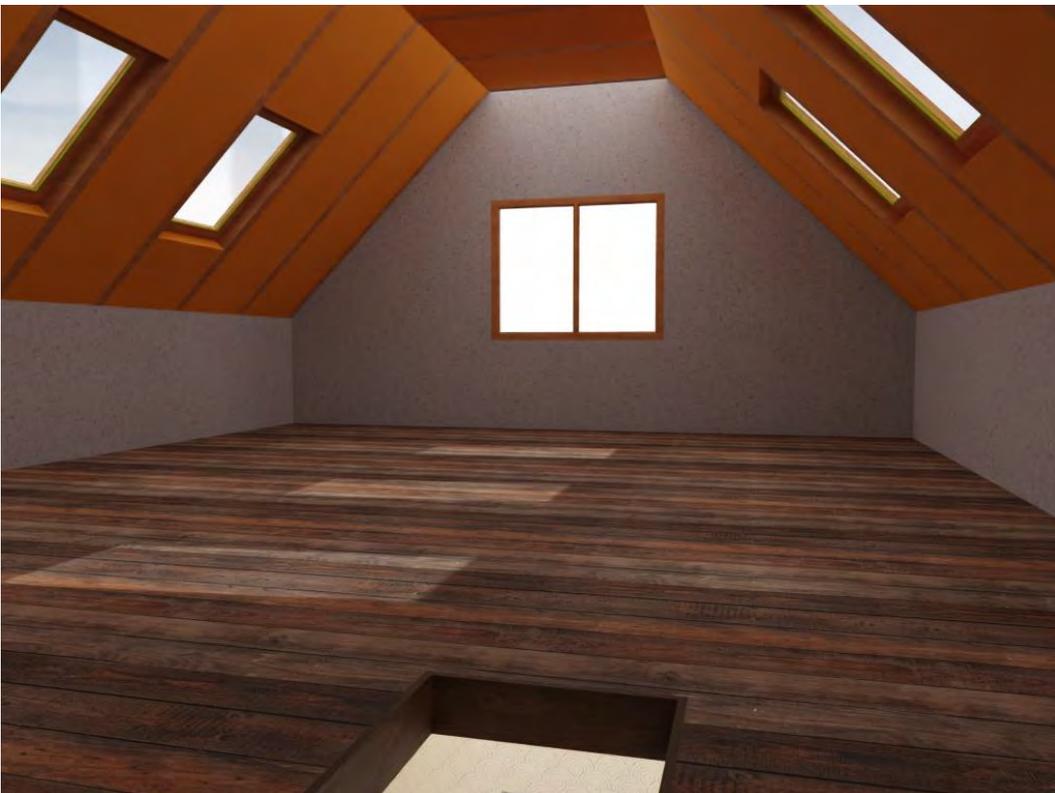


2.2 Bilder des Dachbodens

2.2.1 Bild 7: Blick auf die Giebelwand der Treppenseite



2.2.2 Bild 8: Blick auf die Giebelwand der Fensterseite



2.2.3 Bild 9: Blick auf Raumdecke in Richtung Giebelfenster



3 Materialliste

3.1 Fußboden des Ladengeschäftes

Der Boden des Ladengeschäftes ist mit Laminat ausgelegt. Auf Grund der erheblichen Gebrauchsspuren in kurzer Zeit kann auf eine geringe Nutzungsklasse des Materials (vermutlich NK 21 oder NK 22) geschlossen werden.

3.2 Wände des Ladengeschäftes

3.2.1 Außenwände

Die Außenwände des Ladengeschäftes bestehen durchgehend aus verputztem Mauerwerk.

3.2.2 (Leichte) Trennwände

Die leichten Trennwände für das WC, den kleinen Lagerraum und dem Treppenaufgang bestehen jeweils aus einem mit Gipskartonplatten versehenem Holzständerwerk. Die Trennwände zum Aufgang des Dachbodens sind noch nicht brandhemmend ausgelegt.

3.3 Decke des Ladengeschäftes

Die Decke des Ladengeschäftes besteht aus Gipskartonplatten. Der Aspekt der Schallschluckung (Absorption) innerhalb des Ladengeschäftes ist im jetzigen Zustand ebenso unzureichend wie der Aspekt der Schalldämmung (Schallisolation) zum Dachgeschoss.

3.4 Fußboden des Dachbodens

Bei dem Fußboden des Dachbodens handelt es sich um einfache Holzdielen (Rauspund) mit erheblichen Abnutzungsspuren. Die gebildete Fläche des Bodens ist weder fugendicht noch allen Stellen plan. Nichts desto trotz ist der Boden für die spätere Nutzung voll tragfähig.

3.5 Kniestock des Dachbodens

Der Kniestock des Dachbodens besteht durchgehend aus verputztem Mauerwerk.

3.6 Dachschrägen

Die Dachschrägen bestehen bisher nur aus sichtbaren Sparren mit dazwischen eingebautem Dämmstoff.

3.7 Kehlbalkenlage

Die Kehlbalkenlage besteht bisher nur aus sichtbaren Kehlbalken mit dazwischen eingebautem Dämmstoff.

3.8 Giebelwände des Dachgeschosses

Die Giebelwände des Dachbodens bestehen durchgehend aus verputztem Mauerwerk.

3.9 Innentüren des Ladengeschäftes

Bei den Innentüren des Ladengeschäftes handelt es sich um Standard-Türen mit weißer Dekorfolie. Durch die häufige Benutzung wurde die Beschichtung schon leicht in Mitleidenschaft gezogen.

3.10 Inneneinrichtung/Möblierung des Ladengeschäftes

3.10.1 Verkaufstheke

Die Verkaufstheke besteht aus weiß lackierten MDF-Platten. Die Lackierung weist an den Randkanten bereits unschönen Abrieb auf. Auf der Oberfläche (Breitfläche) sind bereits zahlreiche deutlich sichtbare Kratzspuren zu erkennen.

3.10.2 Regal neben dem Beratungstisch

Das Regal besteht aus weiß folierter Spanplatte.

3.10.3 Beratungsplatz mit Tisch und 2 Stühlen

Der große, runde und stabile Tisch weist – wie die Verkaufstheke - eine Tischplatte aus lackiertem MDF auf. Die Stühle bestehen aus einer Kunststoff-Sitzschale und einem Rohrgestell aus lackiertem Metall.