

TU
TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

DIPLOMARBEIT

Master's Thesis

Neue Holzdeckenkonstruktionen

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs unter der Leitung

von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch

und als verantwortlich mitwirkenden Assistenten

Dipl.-Ing. Dr.techn. Sinan Korjenic

am

Institut für Hochbau und Technologie

Zentrum für Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Ibrahim Salihbegovic

9625006

Lerchengasse 23/2/1, 1080 Wien

salihbegovic@yahoo.com

Wien, im Oktober 2007

.....

Vorwort

Ich möchte mich bei Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch und Herrn Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Sinan Korjenic für die Betreuung meiner Diplomarbeit bedanken.

Zusammenfassung

Diese Arbeit gibt eine Übersicht über die innovativen Holzdecken-Systeme am deutschen, österreichischen und schweizerischen Markt. Weiters werden die Grundlagen des Bemessungs- und Sicherheitskonzepts nach Eurocode 5 erläutert und ein Excel-Programm „Statische Berechnung eines Einfeldträgers nach EC 5“ mit einer Verwendungsanleitung zur Verfügung gestellt.

Abstract

This Thesis presents the innovative systems of timber roofs on the german, austrian and swiss market. It also explains the basics of dimensioning and the safety concept according to Eurocode 5 and it provides an excel-programm called „Static Calculation of a Simple Beam according to EC 5“with an application instruction.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung	1
1.2	Gliederung der Arbeit	1
2	Geschichtliche Entwicklung der Holzbausysteme	2
3	Bausysteme	3
3.1	AGEPAN-Bausystem	10
3.1.1	Anwendungsbereiche	10
3.1.2	Nutzungsbereiche	10
3.1.3	Geschossdecke	10
3.1.4	Raster, Modul	11
3.1.5	Tragwerk	11
3.1.6	Wärme- und Feuchteschutz	12
3.1.7	Schallschutz	12
3.1.8	Brandschutz	12
3.1.9	Qualitätssicherung der Baustoffe	12
3.1.10	Baustoffe, Bauteile und Abmessungen	12
3.2	FrameWorks™ Bausystem	16
3.2.1	Anwendungsbereiche	16
3.2.2	Nutzungsbereiche	16
3.2.3	Beschreibung	16
3.2.4	Bauteile, Baustoffe, Herstellung	17
3.2.5	Wärmeschutz und Feuchteschutz	18
3.2.6	Schallschutz	18
3.2.7	Brandschutz	18
3.2.8	Qualitätssicherung	18
3.3	induo® Systemholztechnik	22
3.3.1	Anwendungsbereiche	22
3.3.2	Nutzungsbereiche	22
3.3.3	Beschreibung	23
3.3.4	Baustoffe, Bauteile, Herstellung	23
3.3.5	Raster, Modul	23
3.3.6	Tragwerk	24
3.3.7	Wärmeschutz und Feuchteschutz	24
3.3.8	Brandschutz	24
3.3.9	Qualitätssicherung	24
3.3.10	Bauteilabmessungen	24
3.4	Lignatur	27
3.4.1	Anwendungsbereiche	27
3.4.2	Nutzungsbereiche	27
3.4.3	Beschreibung	27
3.4.4	Baustoffe, Bauteile, Herstellung	28
3.4.5	Raster, Modul	28
3.4.6	Tragwerk	29

3.4.7	Wärmeschutz und Feuchteschutz.....	29
3.4.8	Schallschutz	29
3.4.9	Brandschutz.....	29
3.4.10	Bauteilabmessungen-Tragfähigkeiten.....	30
3.5	LIGNOTREND.....	33
3.5.1	Anwendungsbereiche	33
3.5.2	Nutzungsbereiche.....	33
3.5.3	Beschreibung.....	33
3.5.4	Bauteile, Baustoffe, Herstellung	34
3.5.5	Raster, Modul.....	34
3.5.6	Tragwerk	34
3.5.7	Wärmeschutz und Feuchteschutz.....	35
3.5.8	Schallschutz	35
3.5.9	Brandschutz.....	35
3.5.10	Bauteilabmessungen und Tragfähigkeiten	37
3.6	Systeme aus Brettstapel- oder Dübelholz-Elementen.....	38
3.6.1	Allgemeines	38
3.6.2	Anwendungsbereiche	38
3.6.3	Nutzung	38
3.6.4	Beschreibung.....	39
3.6.5	Decken- und Dachelemente	39
3.6.6	Baustoffe, Bauteile, Herstellung.....	39
3.6.7	Oberflächenqualität.....	39
3.6.8	Raster, Modul.....	40
3.6.9	Tragwerk	40
3.6.10	Schwinden und Quellen	41
3.6.11	Bauphysik	41
3.6.12	Wärme- und Feuchteschutz.....	41
3.6.13	Schallschutz	41
3.6.14	Brandschutz.....	42
3.6.15	Sonstiges, Besonderheiten	42
3.6.16	Masstoleranzen	42
3.6.17	Bauteilabmessungen.....	42
3.7	Brettstapel-Elemente genagelt	44
3.7.1	Beschreibung.....	44
3.7.2	Baustoffe, Bauteile, Herstellung.....	44
3.7.3	Tragwerk	44
3.8	Dübelholz-Elemente.....	46
3.8.1	Beschreibung.....	46
3.8.2	Baustoffe, Bauteile, Herstellung.....	46
3.8.3	Oberflächenqualität.....	47
3.8.4	Tragwerk	47
3.8.5	Schwinden und Quellen	47
3.8.6	Sonstiges, Besonderheiten	47
3.9	System Haas (BS-Holz-Elemente).....	48
3.9.1	Beschreibung.....	48
3.9.2	Anwendungsbereiche	48
3.9.3	Nutzung.....	49

3.9.4	Decken- und Dachelemente	49
3.9.5	Baustoffe, Bauteile, Herstellung	49
3.9.6	Oberflächenqualität	49
3.9.7	Raster, Modul	49
3.9.8	Tragwerk	50
3.9.9	Schwinden und Quellen	50
3.9.10	Bauphysik	50
3.9.11	Wärme- und Feuchteschutz	50
3.9.12	Brandschutz	51
3.9.13	Sonstiges, Besonderheiten	51
3.10	LenoTec®-Massivbau	53
3.10.1	Anwendungsbereiche	53
3.10.2	Nutzungsbereiche	53
3.10.3	Beschreibung	53
3.10.4	Baustoffe, Bauteile, Herstellung	54
3.10.5	Raster, Modul	54
3.10.6	Tragwerk	54
3.10.7	Wärmeschutz und Feuchteschutz	55
3.10.8	Schallschutz	55
3.10.9	Brandschutz	55
3.10.10	Bauteilabmessungen	56
4	Einführung in das Sicherheitskonzept und Bemessungsgrundlagen nach Eurocode 5	57
4.1	Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept	57
4.1.1	Sicherheitskonzept	57
4.1.2	Symbolische Darstellung der Kombinationsregeln	59
4.1.3	Einfluss der Lasteinwirkungsdauer	61
4.1.4	Klassen der Lasteinwirkungsdauer	62
4.1.5	Auftreten mehrerer Einwirkungen mit unterschiedlicher KLED	63
4.1.6	Einfluss der Holzfeuchte	64
4.1.7	Nutzungsklassen (NKL)	65
4.1.8	Zusammenhang zwischen Nutzungsklassen und Holzfeuchte	65
4.1.9	Modifikationsbeiwerte k_{mod}	66
4.1.10	Tragwiderstand (Baustoffeigenschaften)	67
4.1.11	Charakteristische Werte X_k der Baustoffeigenschaften	68
4.1.12	Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwert	68
4.1.13	Bemessungswert einer Festigkeit	69
4.1.14	Berechnung des Bemessungswertes einer Festigkeit	70
4.1.15	Schematischer Rechenablauf beim Nachweis in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	71
4.2	Nachweis in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	72
4.2.1	Bemessungssituationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	72
4.2.2	Kombinationsregeln für Einwirkungen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	73
4.2.3	Symbolische Darstellung der Kombinationsregeln	73
4.2.4	Kombinationsbeiwerte Ψ	74
4.2.5	Einfluss des Kriechens	75
4.2.6	Verformungsbeiwerte k_{def}	76
4.2.7	Kriechverformungen (Endverformung $w_{G,fin}$)	76
4.2.8	Kriechverformungen (Endverformung $w_{Q,fin}$)	77

4.2.9	Schematischer Rechenablauf beim Nachweis in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit.....	78
5	Ein einfaches Rechenbeispiel	79
5.1	Statisches System und Querschnittsabmessungen	79
5.2	Nachweis der Tragsicherheit.....	80
5.3	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	83
5.3.1	Nachweise der Durchbiegung für die seltene Bemessungssituation.....	83
5.3.2	Nachweis der Durchbiegung für die quasi-ständige Bemessungssituation	85
6	Excel Programm: Statische Berechnung Einfeldträger nach EC 5	86
6.1	Programmbeschreibung	86
6.1.1	Register: Basis-Daten.....	86
6.1.2	Register: Baustoffe.....	87
6.1.3	Register: Bemessung.....	87
6.1.4	Register: Tragfähigkeit	87
6.1.5	Register: Gebrauchstauglichkeit	87
6.2	Das Programm in Druckform.....	89
	Abkürzungsverzeichnis	95
	Abbildungsverzeichnis.....	96
	Tabellenverzeichnis.....	98
	Literaturverzeichnis.....	99
	Anhang	102

1 Einleitung

Durch seine ökologischen Vorteile hat das Holz als Werkstoff seit den 80-er Jahren sehr viel an Bedeutung gewonnen. An der Entwicklung der neuen Holzbausysteme wurde noch nie so intensiv gearbeitet. Es wird besonders stark die Entwicklung der neuen Holzdeckenkonstruktionen vorangetrieben, weil sie nicht nur im Holz-Fertigteilbau sondern auch im Massivbau zunehmend zum Einsatz kommen.

Hand in Hand mit dieser Entwicklung geht die Transformation der nationalen Normen in die europäischen Normen über.

1.1 Zielsetzung

- Es soll untersucht werden welche innovativen Holzdeckenkonstruktionen am österreichischen und europäischen Markt derzeit angeboten werden.
- Es soll ein Excel-Programm für die statische Berechnung eines Einfeldträgers nach Eurocode 5 erstellt werden.

1.2 Gliederung der Arbeit

Anschliessend an das erste Kapitel geben die beiden nachfolgenden Kapiteln eine Übersicht über die innovativen Holzdecken-Systeme am deutschen, österreichischen und schweizerischen Markt auf der Basis der Arbeit in [1]

Das Kapitel 4 erläutert die Grundlagen des Bemessungs- und Sicherheitskonzepts nach Eurocode 5 auf der Basis der Arbeiten in [14] und [20].

Das Kapitel 5 beinhaltet ein einfaches Rechenbeispiel mit detaillierten Rechenschritten und allen Rechnungsformeln, die für eine Nachweisführung nach Eurocode 5 notwendig sind.

Und schliesslich beschreibt das Kapitel 6 den Inhalt und die Anwendung des Excel-Programms „Statische Berechnung eines Einfeldträgers nach EC5“.

2 Geschichtliche Entwicklung der Holzbausysteme

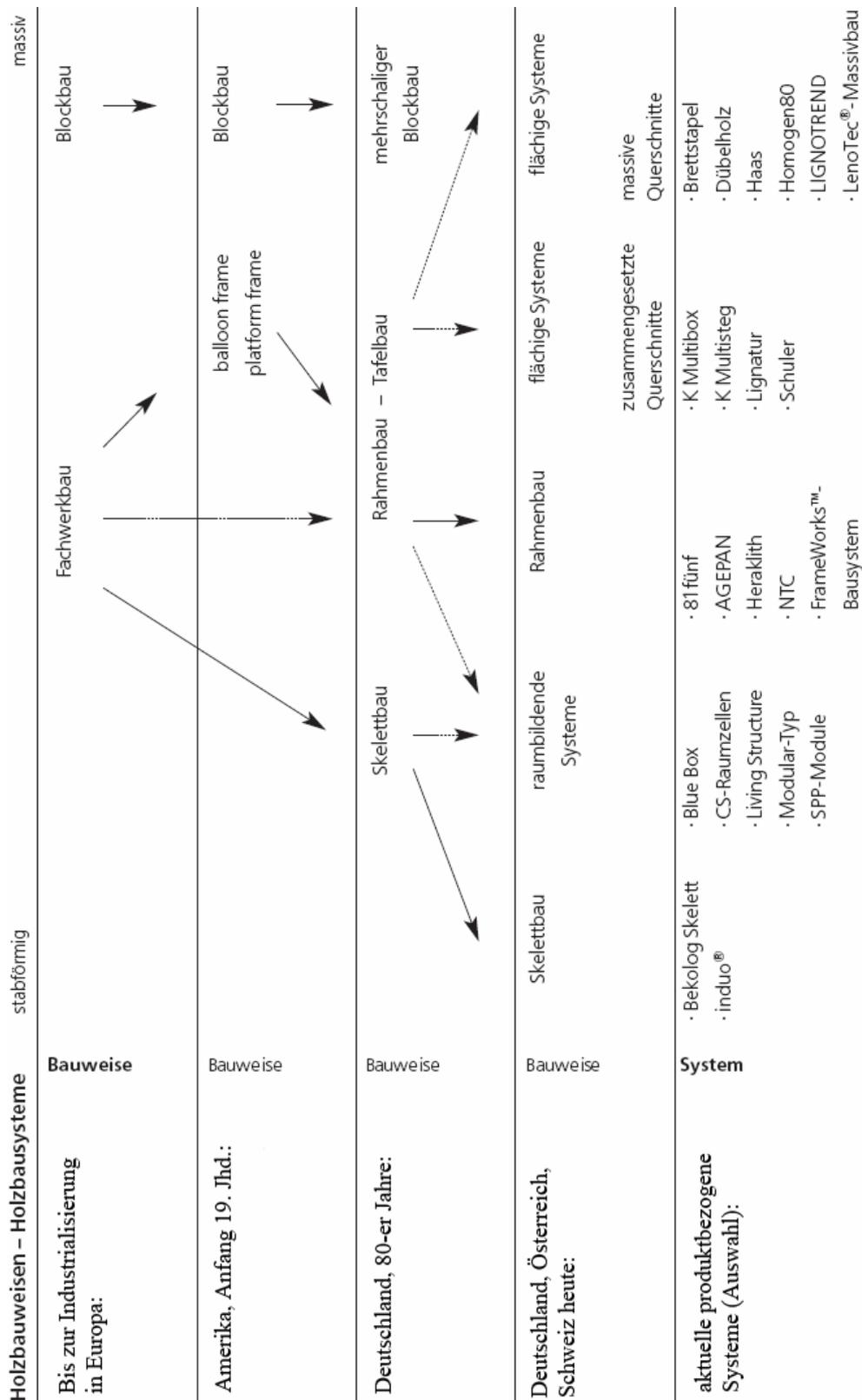


Abb. 1: Typologische Entwicklung der Holzbauweisen und Systeme [1]

3 Bausysteme

Tab. 1: Übersicht der Systeme [1]

System / Produkt	Planungshilfen				Beschreibung
	Musterstatik	Ausschreibung	Regeldetails	Geprüfte Aufbauten	
Stabförmige Systeme					
81 fünf high-tech & holzbau AG D-29451 Danneberg (0 58 61 · 98 62 42)	x	x	x	x	Holzrahmenbausystem im Raster 81,5; Niedrigenergiehausstandard. Wird ausschliesslich von Mitgliedern geplant und gebaut. Eigene Systemhausentwürfe
AGEPAN-Bausystem Glunz AG D-59063 Hamm (05 51 · 50 62 479)	4)	x	x	x	Geschlossenes Bausystem zur Errichtung kompletter Holzhäuser; In Niedrig- und Passivhausstandard unter Verwendung der AGEPAN- Holzwerkstoffprodukte OSB, DWD, IWP, und des AGEPAN-Trägersystems
Bekolog Skelett BEKO Holzbau GmbH D-78467 Konstanz (0 75 31 · 6 76 78)	x	-	-	-	Holzskelettbauweise mit aussenliegender, nichttragender Hülle. Herstellung durch Beko. Planung durch Beko oder individuell.
Egger Egger Holzwerkstoffe D-23970 Wismar (0 38 41 · 301-21 251)	-	x	x	-	Planungssystem für diffusionsoffenen Holzrahmenbau unter Verwendung eigener Holzwerkstoffprodukte. Planungshandbuch <i>BAUDAS</i> .
Eternit Eternit AG D-59269 Beckum (0 25 25 · 69-0)	x	-	x	-	Geprüfter Wandaufbau D 240 (F 60-B) für Holzrahmenbau. Hersteller mineralisch gebundener Holzwerkstoffe (B1) und Fassadentafeln. Balkonplatte Balkodur®.
FrameWorks™ Bausystem Trus Joist sprl D-82152 Planegg (089 · 85 50 96)	1) 6)	x	x	x	Bausystem für Dach, Decke und Wand; unter Verwendung des TJI®-Trägersystems, des Parallam® Furnierstreifenholzes und des TimberStrand™ Langspanholzes (zuvor Intrallam).

Heraklith Deutsche Heraklith GmbH D-84353 Simbach (0 85 71 · 40-0)	x	x	x	-	Holzrahmenbau-Variante mit Fachwerkstreben unter Verwendung eigener Holzwerkstoff- und Dämmstoffprodukte. Putzträgerplatte als Grundplatte für mineralische Putzbeschichtungen.
induo®- Systemholztechnik induo®- Systemholztechnik GmbH & Co. KG D-41352Korschenbroich (0 21 61 · 61 89-0)	1) 3)	x	x	-	Aus stabförmigen Bauteilen zusammengesetztes Holzbausystem unter Verwendung des patentierten rhombusförmigen induo®-Verbundankers.
NTC Nordic Timber Council D-65191 Wiesbaden (06 11 · 500 06 25)	-	x	x	x	Holzrahmenbau-System aus Skandinavien mit standardisierten Querschnitten.
Opitz-System Opitz Holzbau GmbH D-53894 Mechernich (0 22 56 · 94 01-0)	-	x	x	x	Vorgefertigte Wand-, Decken- und Dachelemente in Holzrahmenbauweise, Dachkonstruktionen aus Nagelplattenkonstruktionen.
Terra Limes Terra Limes International GmbH D-75210 Keltern (0 72 36 · 95 89 61-0)	1)	x	x	-	Systembaustoff „Kythos“ für Wände und Decken. Beplankung aus diagonalen Massivholzlamellen. Brettstapeldecken.
ZimmerMeisterHaus Verband ZimmerMeisterHaus D-80804 München (089 · 3 60 85-150)	x	x	x 4)	x	Holzrahmenbau-System in Niedrigenergie- und Passivhausstandard. Wird ausschliesslich von Mitgliedsfirmen geplant und gebaut.

System / Produkt	Planungshilfen				Beschreibung
	Musterstatik	Ausschreibung	Regeldetails	Geprüfte Aufbauten	
Flächige Systeme					
Bekolog Kantholzelemente BEKO Holzbau GmbH D-78467 Konstanz (0 75 31· 6 76 76)	x	x	x	-	Flächige, massive Decken- und Wandbauteile aus Kanthölzern mit Spezialprofil.
Bresta Massiv Tschopp Holzbau GmbH CH-6280 Hochdorf (00 41· 41 · 914 20 20)	x	x	x	-	Massives Flächenelement aus gedübelten Brettlamellen. Holz-Beton-Verbund möglich.
K. Profidecke Kaufmann Holz AG A-6870 Reuthe (00 43 · 55 74 · 80 40)	x	-	-	-	Deckenelement aus BS-Holz-mit Doppelnut und Kamm; Fichte. Am Stoss oberseitiger Falz für Schublasche. Elementdicke 100 - 240 mm.
Kaufmann-Multibox Kaufmann Holz AG A-6870 Reuthe (00 43 · 55 74 · 80 40)	1)	-	x	-	Tafelemente aus BS-Holz oder Vollholzrippen mit aufgeklebter Beplankung aus K1 multiplan oder andere Holzwerkstoffen; als Multibox oder Stegplatte. Durch Verbund hohe Tragfähigkeit; auch gekrümmt möglich.
KFN Modulsystem KFN Kaufmann Product GmbH A-6850 Dornbirn (00 43 · 55 72 · 2 62 83)	-	-	-	-	Tragende Skelettkonstruktion im Modulraster von 5/5 m mit flächigen Wand-, Decken- und Dachelementen mit einer Grösse von 2,5/5 m

KLH-Brettsperrholz KLH Massivholz GmbH A-8842 Katsch (0043 · 35 88 · 88 35 20)	-	-	-	-	Brettsperrholz. Kreuzweise übereinander gestapelte und flächig miteinander verklebte Brettlamellen; zweiachsige Belastung möglich.
Klimaplan Massivholzhaus Klimaplan Massivholzhaus GmbH D-87616 Marktoberdorf (0 83 42 · 9 68 50)	x	x	x	-	Platten geklebt, gedübelt; d = 80 mm. Bei Wänden senkrecht stehend; geschliffene Sichtoberfläche. Einschliesslich Abbund und Vormontage möglich.
Lamellenbauweise Gütegemeinschaft Brettstapel- und Dübelholzhersteller e.V. Stuttgart (07 11 · 39 96 50)	x	x	x	x	Flächenbildende, tragende Lamellenelemente aus hochkant gestellten Brettlagen. Brettstapelbauweise (genagelt) oder als Dübelholz (mit Hartholzdübeln verdübelt).
Lignatur Lignatur AG CH-9104 Waldstatt (00 41 · 71 · 3 04 10)	1)	x	x	x	Industriell gefertigte Kasten-, Flächen- und Schalenelemente aus Nadelholz. Der Hohlraum der Elemente kann auf Wunsch z.B. mit Dämmmaterialien ausgefüllt werden. Vertrieb in Deutschland: s. S. 26. Heggenstaller AG (0 82 57 · 810)
LIGNOTREND LIGNOTREND AG D-79809 Weilheim (0 77 55 · 92 00-0)	1)	x	x	x	Patentiertes, industriell gefertigtes Holzbausystem. Holzblocktafelemente für Wand und Dach aus mehrlagig, kreuzweise verklebten Nadelholzbrettern; Deckenelemente als Block- oder Rippenplatte.
Ligu Holz-Lamellenwand GmbH D-27308 Kirchlinteln (0 42 37 · 94 30 34)	x	x	-	-	Massivholzbretter werden zu Wandelementen mit kastenförmiger Tragstruktur und Hohlräumen verklebt. Gute Wärmedämmeigenschaften bei gleichzeitig hoher Festigkeit.
LenoTec®-Massivbau MERK-Dickholz GmbH D-86551 Aichach (0 82 51 · 908-142)	x	x	x	x	Symmetrisch aufgebautes grossformatiges Brettsperrholz aus kreuzweise verklebten, keilgezinkten Brettlagen. Auch gekrümmte Bauteile sind möglich.

MERK Rippenplatte MERK-HOLZBAU GmbH & Co. KG D-86551 Aichach (0 82 51 · 908-0)	x	x	x	-	Tafelemente aus BS-Holz oder Vollholzrippen mit aufgeklebter Beplankung aus Furnierschichtholz Kerto Q oder anderen Holzwerkstoffen; als Rippenplatte oder Stegplatte; durch Verbund hohe Tragfähigkeit.
Optiholz Logus Systembau AG CH9215 Schönenberg (0041 · 71 · 644 92 81)	x	x	-	-	Massivholzelement aus gedübelten Brettlamellen; Lamellen keilgezinkt. Modulare Fertigung der Grundelemente. Holz-Beton-Verbund möglich; Akustikprofile.
Pius Schuler Pius Schuler AG CH-6418 Rothenthurm (00 41· 83 · 9 80 80)	1)	x	x	x	Blockholzplatten aus stehend verklebten Lamellen. Ein- oder Mehrschichtplatten aus NH. Auch zu Rippenelementen kombiniert.
PHM- ProfilHolzMassivelemente Bau Barth Holzbau D-88696 Owingen (0 75 51 · 92 32 - 0)	x	x	x	-	Wand-, Decken und Dachelemente aus Massivholzelementen. Die Verbindung erfolgt mit einer konisch verlaufenden Schwalbenschwanzverbindung; da keine durchgehenden Fugen winddicht.
System Haas Haas Fertigbau GmbH D-84326 Falkenberg (0 87 27 · 1 85 52)	x	x	x	x	BS-Holzelemente als Flächenelemente mit hochkant gestellten, verklebten Bretter und Bohlen.
Wiwa WIWA GmbH Holz & Plattenvertrieb D-79733 Göhrwihl (0 77 54 · 234)	x	x	x	x	Mehrlagig geklebtes Holztafelement aus genuteten Brettlamellen. Diff.usionsoffener Wandaufbau. Hohe zulässige Horizontalbelastung möglich.

System / Produkt	Planungshilfen				Beschreibung
	Musterstatik	Ausschreibung	Regeldetails	Geprüfte Aufbauten	
Raubildende Systeme					
Bekolog modul office BEKO Holzbau GmbH D-78467 Konstanz (0 75 31 · 6 76 78)	x	x	x	x	Raummodule mit hochgedämmten, diffusionsoffenen Wänden. Horizontal und vertikal addierbar. Transportabel.
Blue Box M. Loebermann D-90409 Nürnberg (09 11 · 510 90 31)	x	x	x	x	Bestehen aus tragenden Elementen; werden auf der Baustelle gereiht oder gestapelt; Holzrahmenskelett. Temporäre Nutzung möglich.
boxxin ERNE modul technologie CH-5080 Laufenburg (00 41 · 62 · 869 81 81)	3)	3)	x	x	Trasportable 3-D Zellenbau im Baukastenprinzip. „High-tech“ Produkt, welches nach ökologischen Grundsätzen ein energieeffizientes Bauen nach dem Minergier- bzw. Passivhausstandard ermöglicht.
CS-Raumzellen C / S Raumcenter D-65929 Frankfurt (069 · 330 09 00)	x	x	x	x	Bestehen aus tragenden Elementen; werden auf der Baustelle gereiht oder gestapelt; Holzrahmenskelett. Temporäre Nutzung möglich
SU-SI, FRED KFN Kaufmann Product GmbH A-6850 Dornbirn (00 43 · 55 72 · 2 62 83)	x	x	x	x	SU-SI Mobile, komplett vorgefertigte Gebäudeeinheit mit 30 - 50 m2 Nutzfläche FRED Mobile, komplett vorgefertigte Gebäudeeinheit mit 3 x 4 m Grundfläche ausziehbar auf 18 m2 Nutzfläche
Living Structure, Living Box Architeam CH-4001Basel (0041 · 61 · 261 50 20)	x	x	x	x	Raumzellen

Modular-T Bauart Architekten CH-3008 Bern (00 41 · 31 · 385 15 15)	x	x	x	x	Transportable Raumzellen aus bauökologisch hochwertigen Materialien hergestellt. Stützenfrei Räume bis 12 m Breite möglich. Stapelbar bis zu 4 Geschossen. Geeignet für Büros, Schulen, Hotels, Wohnungen, Spitalzimmer, Labors.
---	---	---	---	---	--

- 1) Tragfähigkeitstabellen
- 2) Holzwerkstoff nach allgemeiner baufsichtlicher Zulassung bzw. Norm
- 3) Hersteller bietet Bemessung an
- 4) nach „Holzrahmenbau“ BDZ
- 5) Typenstatik für Einratertafel
- 6) Bemessungssoftware

3.1 AGEPAN-Bausystem



Abb. 2: Das AGEPAN® Musterhaus [www.glunz.de]

3.1.1 Anwendungsbereiche

Wand

Decke

Dach

in Nutzungsklasse 1 + 2,

bei vorwiegend ruhender Belastung,

besonders im Niedrig- und Passivhausstandard.

3.1.2 Nutzungsbereiche

Ein- und Mehrfamilienhäuser (Geschosswohnungsbau)

Büro- und Verwaltungsbauten

Schulen und Kindergärten

Sonderbauten

3.1.3 Geschossdecke

Sichtbare Balkenlage aus Konstruktionsvollholz mit sichtbarer AGEPAN OSB/4 Platte (darüber verschiedene Fussbodenaufbauten möglich).

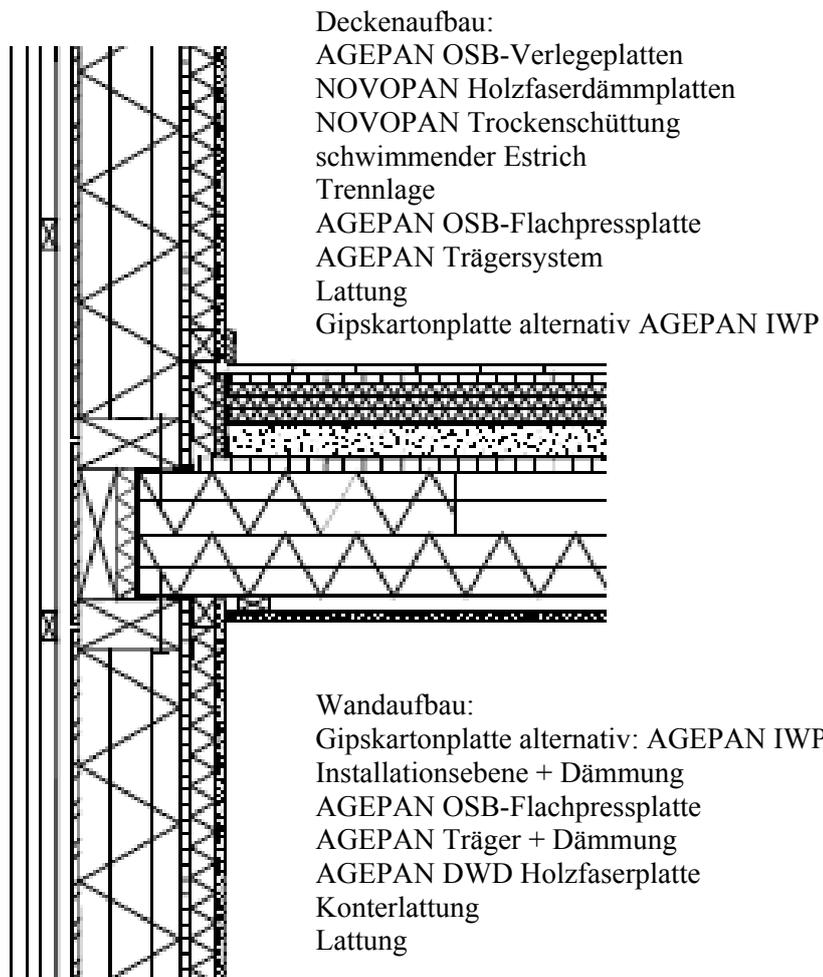


Abb. 3: Agepan-Deckenaufbau [1]

3.1.4 Raster, Modul

Das System ist an kein Raster oder Modul gebunden. Üblicherweise werden die des Holzrahmenbaus angewendet.

3.1.5 Tragwerk

Das Tragsystem entspricht dem Holzrahmenbau (Platform framing).

3.1.6 Wärme- und Feuchteschutz

Diffusionsoffene, vollgedämmte Konstruktionen für die Aussenhülle. Im Dachbereich auch die Aufsparrendämm-Variante ADA.

3.1.7 Schallschutz

Für unterschiedliche Schutzziele liegen für die Systembauteile Prüfzeugnisse vor.

3.1.8 Brandschutz

Brandschutz-Prüfzeugnisse oder gutachterliche Stellungnahmen liegen für die Systembauteile vor.

3.1.9 Qualitätssicherung der Baustoffe

Eigen- und Fremdüberwachung nach der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

3.1.10 Baustoffe, Bauteile und Abmessungen

3.1.10.1 AGEPAN Trägersystem

alle Trägertypen mit Vollholz-Gurten

a) Stegmaterial: Harte Holzfaserverplatte (HFH)

t = 8 mm:

Typ AS: Stiel (160, 200, 220, 240, 300 mm),

für vollgedämmte Aussenwandkonstruktionen

Typ AM: leichter Träger; besonders im Dachbereich

geeignet (200, 220, 240, 250, 300, 320,

350, 400, 450, 500 mm)

Typ AM*: Deckenträger (200, 220, 240, 250,

280, 300, 320, 350, 400, 450, 500 mm)

b) Stegmaterial OSB

Typ AT: Träger f. d. hoch beanspruchten Bereich,

Steg 12 mm (200, 240, 300, 400 mm)

Typ AT*: hochbelastbarer Trägerquerschnitt,

Steg 15 mm (240, 300, 320 mm)

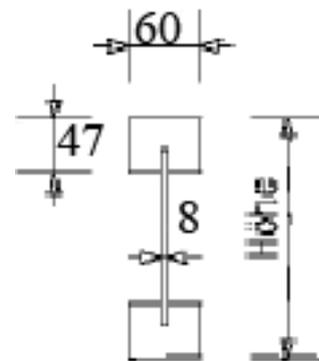


Abb. 4: Agepan Trägersystem



Abb. 5: Agepan Produkte [1]

3.1.10.2 AGEPAN Holzwerkstoffe

(Abmessungen in mm)

AGEPAN OSB/4

Flachpressplatte nach Z-9.1-326 (tragende, aussteifende Beplankung mit höheren Festigkeiten)

Dicke: (6, 8), 10, 12, 15, 18, 22

AGEPAN OSB/3

Flachpressplatte nach Z-9.1-424 (tragende, aussteifende Beplankung mit höheren Festigkeiten)

Dicke: 10, 12, 15, 18, 22, 25

Formate (als Standardplatte, ungeschliffen) 2500 x 1250 oder 5000 x 1250 oder 5000 x 2500

Andere Ausführungen, Dicken u. Formate a. Anfrage

AGEPAN DWD

diffusionsoffene Holzfaserplatte nach Z-9.1-382

Dicke: 12, Format: 2750 x 1250

Dicke: 16, Format: 2500 x 625 oder 2500 x 1000

AGEPAN IWP

Innenwandplatte nach Z-9.1-500

Dicke: 12 Format: 2650 x 1250 (standard)

2650 x 625 (compact)

AGEPAN Triaphen

Holzbau-Spanplatte nach DIN 68763 13, 16, 19, 22, 25

Novopan Spanplatte

Spanplatte nach DIN 68763 auch als B1-Spanplatte (13 - 38 mm) 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 38 mm

Tab. 2: Agepan: Tragfähigkeitstabelle [1]

Trägertyp	Zul N kN	Zul O kN	zulM kNm	vorhEI kNm ²	vorhGA kN
Stiel2)					
AS 160	45,9	2,9	2,2	188,4	1382,4
AS 200	45,9	3,8	3,2	337,9	1958,4
AS 220	45,9	4,2	3,7	430,2	2246,4
AS 240	45,9	4,7	4,2	534,4	2534,4
AS 300	45,9	6,0	5,8	919,6	3398,4
Sparren / Balken					
AM 200	45,9	3,8	3,2	337,9	1958,4
AM 220	45,9	4,2	3,7	430,2	2246,4
AM 240	45,9	4,7	4,2	534,4	2534,4
AM 250	45,9	4,9	4,5	590,9	2678,4
AM 280	45,9	5,6	5,2	778,9	3110,4
AM 300	45,9	6,0	5,8	919,6	3398,4
AM 320	45,9	6,5	6,3	1072,7	3686,4
AM 350	45,9	7,1	7,0	1326,0	4118,4
AM 400	45,9	8,3	8,1	1812,6	4838,4
AM 450	45,9	9,4	9,2	2381,5	5558,4
AM 500	45,9	10,5	10,4	3035,0	6278,4
AM* 200	53,9	3,8	3,7	394,7	1958,4
AM* 220	53,9	4,2	4,3	502,3	2246,4
AM* 240	53,9	4,7	4,9	623,6	2534,4
AM* 250	53,9	4,9	5,2	689,5	2678,4
AM* 280	53,9	5,6	6,1	908,2	3110,4
AM* 300	53,9	6,0	6,8	1071,7	3398,4
AM* 320	53,9	6,5	7,4	1249,6	3686,4
AM* 350	53,9	7,2	8,2	1543,5	4118,4
AM* 400	53,9	8,3	9,5	2107,1	4838,4
AM* 450	53,9	9,4	10,9	2764,9	5558,4
AM* 500	53,9	10,5	12,2	3518,9	6278,4
AT 200	52,5	5,2	3,6	395,3	2173,6
AT 240	52,5	6,6	4,8	627,1	2797,6
AT 300	52,5	8,7	6,6	1085,0	3733,6
AT 400	52,5	12,3	9,3	2159,0	5293,6
AT* 240	85,7	8,4	6,8	897,2	3276,0
AT* 300	85,7	10,9	9,7	1584,3	4446,0
AT* 320	85,7	11,7	10,6	1860,3	4836,0

Einfeldträger, zulässige Durchbiegung $f \leq l/500$

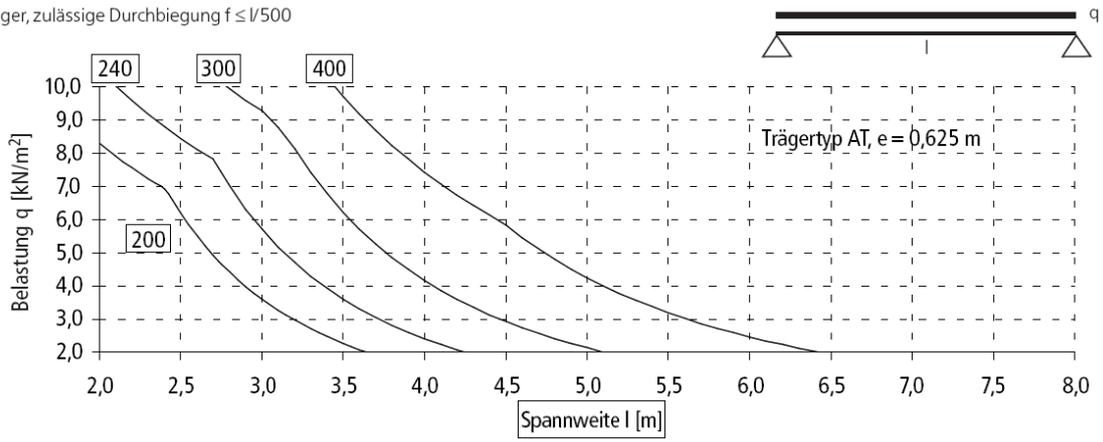


Abb. 6: Agepan: Spannweite in Abhängigkeit von der Belastung [1]

3.2 FrameWorks™ Bausystem



Abb. 7: FrameWorks™ Produkte [1]

3.2.1 Anwendungsbereiche

- Wand
- Decke
- Dach

in Nutzungsklasse 1 + 2,

bei vorwiegend ruhender Belastung,

besonders im Niedrig- und Passivhausstandard.

3.2.2 Nutzungsbereiche

- Ein- und Mehrfamilienhäuser (Geschosswohnungsbau)
- Büro- und Verwaltungsbauten
- Schulen und Kindergärten
- Sonderbauten

3.2.3 Beschreibung

Das FrameWorks™ Bausystem stammt aus Nordamerika. Trus Joist sprl mit europäischem Hauptsitz in Genval, Belgien, und der deutschen Vertretung in Planegg passte das System dem europäischen Markt und den jeweiligen Baunormen an und entwickelte Bauteile unter Verwendung der in Nordamerika gefertigten Produkte wie TJI® Stegträger, Parallam®-Furnierstreifenholz und TimberStrand™ Langspanholz.

Für die vorgeschlagenen Wand-, Decken- und Dachaufbauten wurden zahlreiche Gutachten und Expertisen vor allem hinsichtlich des Brand- und Schallschutzes eingeholt, um die Anwendung baurechtlich abzusichern.

TJI® Träger mit Gurten aus Microllam® Furnierschichtholz und mit einem Steg aus einer speziellen OSB Performance Plus-Platte werden als Wandstiele, Deckenbalken und Dachträger eingesetzt. Der statisch günstige Querschnitt der Stegträger ermöglicht grosse Spannweiten bei minimalen Materialeinsatz. Wegen der begrenzten Tragfähigkeit als Wandstiel werden neben grösseren Wandöffnungen die Stützen aufgedoppelt oder durch Randstützen aus TimberStrand™ Langspanholz ersetzt. Bei sehr grossen Beanspruchungen kommen rechteckquerschnitte aus Parallam® Furnierstreifenholz als Balken, Pfetten, Stützen und in ingenieurmässigen Fachwerkstrukturen zur Anwendung. Bei grossem Querdruck und Schubbeanspruchungen eignet sich Parallam® Furnierstreifenholz und neuerdings auch TimberStrand™ Langspanholz als Schwellenholz oder Rähm.

Ebenfalls wird TimberStrand™ Langspanholz (zuvor Intrallam®) als Träger oder als Randbohle für Decken- und Dachkonstruktionen bzw. als Schwellen, Rähm und Stiele im Wandbereich eingesetzt. Die Einzelbauteile können auch in Kombination mit anderen Systemen und Bauweisen eingesetzt werden. Im Passivhausbereich werden häufig die Massivholzsysteme mit den Stegträgern als Trägermaterial in den hochgedämmten Bauteilschichten für die Aussenhülle kombiniert.

Umfangreiche Planungshilfen mit Detaillösungen für Dach-, Decken- und Wandaufbauten unterstützen den Planer bei der Umsetzung des Systems in der Baupraxis.

Speziell für die TJI® Trägersysteme entwickelte Holzverbindungsmittel der Firma Bulldog-Simpson sind mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung auf dem Markt verfügbar.

3.2.4 Bauteile, Baustoffe, Herstellung

3.2.4.1 Raster Modul

Das System ist an kein Planungs- und Konstruktions-raster bzw. -modul gebunden. Aus wirtschaftlichen Gründen wird meist das auf die Formate der Holz-werkstoffplatten abgestimmte Raster des Holzrah-menbaus gewählt.

3.2.4.2 Tragwerk

Die Bemessung der Bauteile und des Gesamt-gebäudes erfolgt in jedem Einzelfall nach den üb-lichen Regelwerken des Holzbaus in Verbindung mit den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und Prüfzeugnissen der Produkte.

Die zulässigen Spannungen und Rechenwerte der Elastizitäts- und Schubmoduln sowie die Knickzahlen sind für die Produkte TimberStrand™ Langspanholz und Parallam® Furnierstreifenholz in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen genannt.

Die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Stegträger können als geklebte Verbundbauteile nach den einschlägigen Bemessungsnormen des Holzbaus geführt werden. Der Nachweis der Wandstiele erfolgt als mehrteiliger Druckstab, der abhängig von seinem Seitenverhältnis b/h (Breite/Höhe) ein- oder beidseitig kontinuierlich gehalten werden muss.

Die Bauwerke werden meist in Quasiballonframing-Bauweise hergestellt. In Verbindung mit grossen Beplankungsplatten ist auch reines Ballonframing möglich und bietet damit gut gedämmte Geschossstoss-Details.

3.2.5 Wärmeschutz und Feuchteschutz

Die Verwendung von Stegträgern in der Gebäudehülle führt zu einer Reduzierung der Wärmebrücken in den wärmeübertragenden Flächen. Dies macht sich besonders in den Gebäudeecken positiv bemerkbar.

3.2.6 Schallschutz

Für unterschiedliche Schutzziele für Decke und Dach liegen Werte für die geprüften Aufbauten vor.

3.2.7 Brandschutz

Brandschutz-Prüfzeugnisse oder gutachterliche Stellungnahmen liegen für die Produkte und für einige Musteraufbauten vor.

3.2.8 Qualitätssicherung

Eigen- und Fremdüberwachung nach den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Produkte.

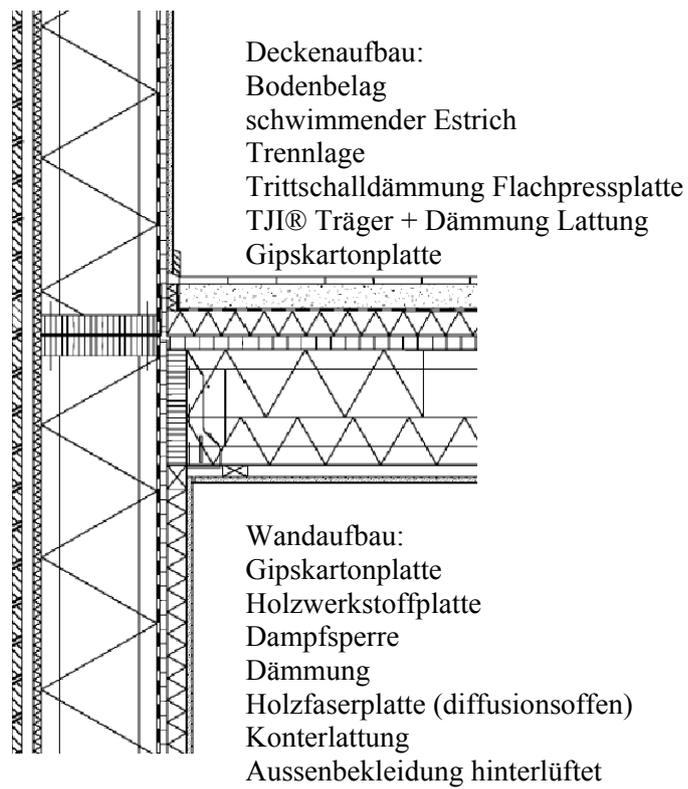


Abb. 8: FrameWorks™ - Deckenaufbau [1]

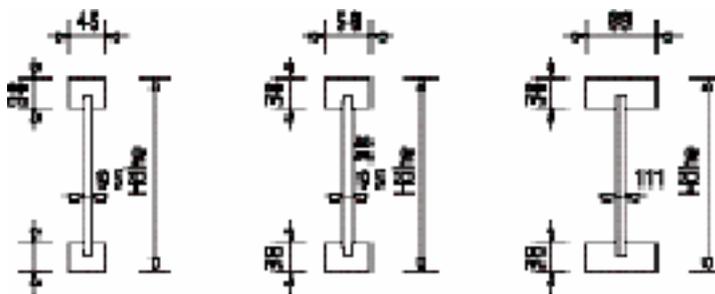


Abb. 9: FrameWorks™ - Trägersystem [1]

Tab. 3: TJI®-Träger: zul. Beanspr. in Abhängigkeit von den Abmessungen [1]

Typ	Breite mm	Gurt- höhe mm	Steg- dicke mm	Höhe mm	Zul Q ¹⁾ kN	zul M kNm	Ely Nmm ² x 10 ⁹
250	45	38	9,5	200	3,82	3,78	338
				241	4,72	4,50	536
				302	6,02	5,64	918
				356	7,17	6,72	1356
				406	8,24	7,79	1857
350	58	38	9,5	200	3,84	4,72	422
				241	4,75	5,60	668
				302	6,08	7,00	1139
				356	7,25	8,31	1677
				406	8,34	9,59	2288
550	89	38	11,1	200	4,51	7,69	634
				241	5,59	9,10	1001
				302	7,17	11,30	1698
				356	8,57	13,36	2488
				406	9,87	15,36	3381

1) mit Stegverstärkungen sind deutlich höhere zulässige Auflagerkräfte möglich

Tab. 4: TimberStrand™ und Parallam®: Standardabmessungen in mm [1]

	Breite	Höhe								
		160	200	220	241	280	302	356	406	460
TimberStrand™										
40	x	x	x	x		x	x	x		
60	x	x	x	x		x	x	x		
Parallam® Furnierstreifenholz										
45					x		x	x	x	
68		x	x	x			x	x	x	
89		x	x	x	x		x	x	x	x
140		x	x	x	x		x	x	x	x
160		x	x	x	x		x	x	x	x
180		x	x	x	x		x	x	x	x

Einfeldträger, zulässige Durchbiegung $f \leq l/500$

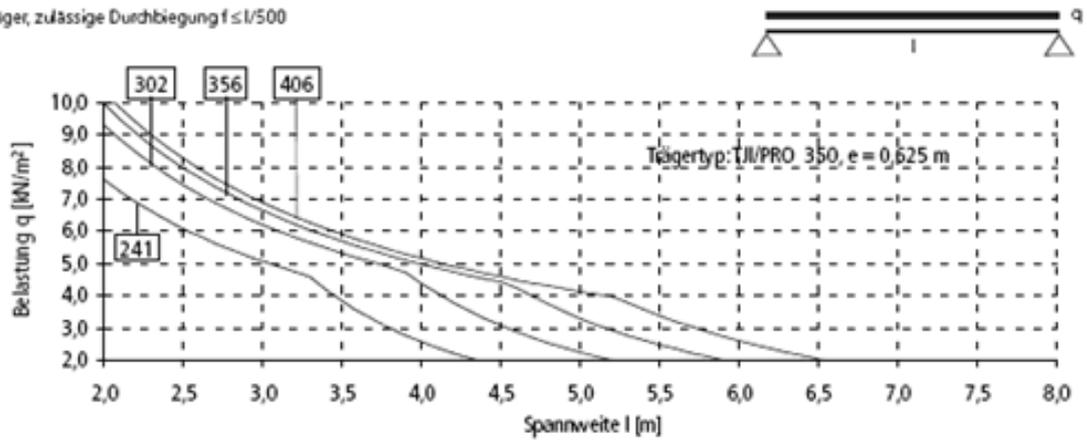


Abb. 10: *FrameWorks*TM Spannweite in Abhängigkeit von der Belastung [1]

3.3 induo® Systemholztechnik



Abb. 11: induo® Systemholztechnik Produkte [1]

3.3.1 Anwendungsbereiche

- Wand
- Decke
- Dach

in Nutzungsklasse 1 + 2,

bei vorwiegend ruhender Belastung.

3.3.2 Nutzungsbereiche

- Ein- und Mehrfamilienhäuser (Geschosswohnungsbau)
- Industrie- und Verwaltungsbauten
- Aufstockungen
- Wintergärten und Balkone
- Demontierbare Bauten
- Raumtragwerke, Hallentragwerke mit nicht sichtbaren Verbindungen

3.3.3 Beschreibung

induo® ist ein industriell vorgefertigtes, aus stabförmigen Bauteilen zusammengesetztes (skelettartiges) Holzbausystem. Alle Bauteile werden seriell gefertigt, massgenau abgebunden und nach Packlisten sortiert und kommissioniert an die Baustelle geliefert.

Die Verbindung erfolgt über patentierte, rhombusförmige, gusseiserne Ankerkörper mit Innengewinde, die in die masslich exakt fixierten Innenöffnungen von Kreuz-, Duo-, BS-Holz-Balken oder anderen Holzwerkstoffen eingelegt werden. Dabei können unter Einhaltung der Mindestabstände, mehrere Anker über- oder nebeneinander eingebaut werden. Damit wird auch die Ausbildung von biegesteifen Rahmenecken möglich.

Durch die Form und Lage des Verbundankers (Innenvernagelung) entsteht eine Verbindung die in der Lage ist, hohe Zug- und Druckkräfte axial zu übertragen.

Bei der Holz-Stahl-Verbindung werden die innenliegenden Verbundanker des induo®-Balkens mit einem Bolzen stirnseitig mit einem Formteil aus Stahl verbunden. Die Querkräfte werden direkt über angeschweisste Auflagerkonsolen übertragen.

Bei der Holz-Holz- bzw. Holz-Beton-Verbindung (*S. Abb. 13 unten*) werden die induo®-Balken über eine rückwärtig durch den Verbundanker durchgesteckte Imbusschraube mit dem Knotenpunkt verbunden. Für diesen Anwendungsfall werden in das lastabtragende Bauteil Schraubhülsen eingelegt. Damit sind auch kreuzförmige Knotenverbindungen in Holzstützen möglich.

Der Aufbau des Tragskeletts mit den „just in time“ auf die Baustelle gelieferten, vorkonfektionierten Bauteilen und Materialien erfolgt in kurzer Zeit. Der weitere Ausbau erfolgt im Hüllverfahren und als Wetterschutz von aussen nach innen.

Die Planung erfolgt auf Grundlage serieller Grundelemente. induo®-Fachberater, Fachhändler und Fachbetriebe leisten Hilfe und Unterstützung in der Planung und während des gesamten Bauablaufs.

3.3.4 Baustoffe, Bauteile, Herstellung

Die rhombusförmigen induo®-Verbundanker werden aus Sphäroguss der Güte GGG-500 (Festigkeit entspricht St 37-2) hergestellt. Der 240 mm lange Verbundanker verfügt, je nach Anwendungsfall, über ein kopfseitiges Innengewinde für die Aufnahme der Gewindebolzen M 20, oder ist mit einer Bohrung für die Durchsteckverbindung vorbereitet.

Die bauaufsichtlich zugelassenen Kreuz- und Duobalken sowie alle weiteren Holzwerkstoffe sind ausführlich im INFORMATIONSDIENST HOLZ „Konstruktive Vollholzprodukte“ [5] und „Konstruktive Holzwerkstoffe“ [6] beschrieben.

3.3.5 Raster, Modul

Das System unterliegt keinen Einschränkungen eines Moduls oder Rasters.

3.3.6 Tragwerk

Die Nachweise der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit des Verbundsystems kann nach den einschlägigen Bemessungsnormen des Holzbaus (z.B. DIN 1052) und des Stahlbaus (DIN 18800) in Verbindung mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung der Holzprodukte (z.B. der Kreuzund Duo-Balken) erfolgen.

Eine geprüfte Typenstatik wird zurzeit erarbeitet.

Zur Aussteifung des tragenden Holzskeletts werden in der Regel die raumbildenden mit z.B. Holzwerkstoffen beplankten Wand- und Deckenelemente herangezogen.

Die Ausbildung eines reinen, z.B. mit Stahldiagonalen ausgekreuzten Skelett-Tragwerks ist allerdings ebenfalls problemlos möglich.

3.3.7 Wärmeschutz und Feuchteschutz

Die Wand-, Decken- und Dachaufbauten sind vom System unabhängig und werden vom Hersteller nicht zwingend vorgeschrieben. Ein diffusionsoffener Aufbau wird empfohlen. Das tragende Skelett muss durch eine aussenliegende, wärmedämmende und luftdichte Schicht umschlossen / umhüllt werden. Dadurch werden Wärmebrücken auch an den Stahlknoten vermieden.

3.3.8 Brandschutz

Die Holzbauteile sind nach DIN 4102-4 in der Regel der Baustoffklasse B2 zuzuordnen. Die Stahlknoten können ungeschützt keine Brandschutzanforderungen erfüllen. In den Wand- oder Deckenaufbauten eingebaut, ist die Feuerwiderstandsdauer der schützenden Bekleidung massgebend.

3.3.9 Qualitätssicherung

Für das Gesamtsystem wird zurzeit ein Qualitätssicherungssystem erarbeitet.

Für die Herstellung der verwendeten Holzprodukte erfolgt die Eigen- und Fremdüberwachung nach der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung.

3.3.10 Bauteilabmessungen

Die Vorzugsquerschnitte der induo®-Balken und -Stützen betragen 100/100, 100/200, 120/120, 120/240, 140/140, 140/260 und 160/160 mm. Weitere Querschnitte auf Anfrage.

Die Kreuzbalken können bis 12 m Länge gefertigt werden, die maximale Stützweite beträgt laut Zulassung 6 m. Mit anderen Holzprodukten, z.B. BS-Holz, sind auch grössere Längen und Spannweiten möglich.

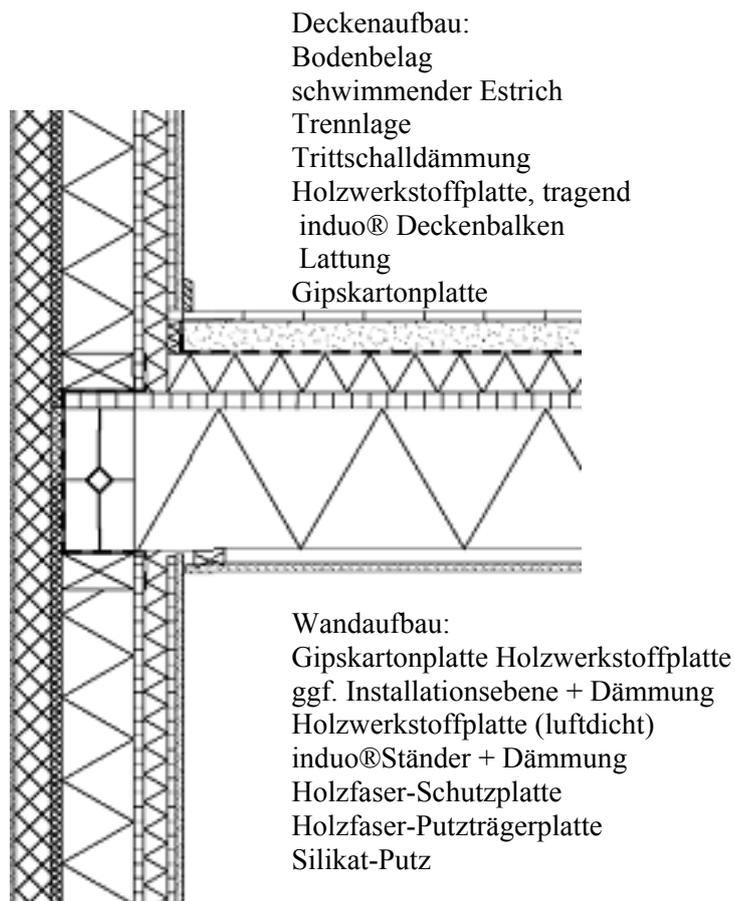


Abb. 12: induo® Deckenaufbau [1]

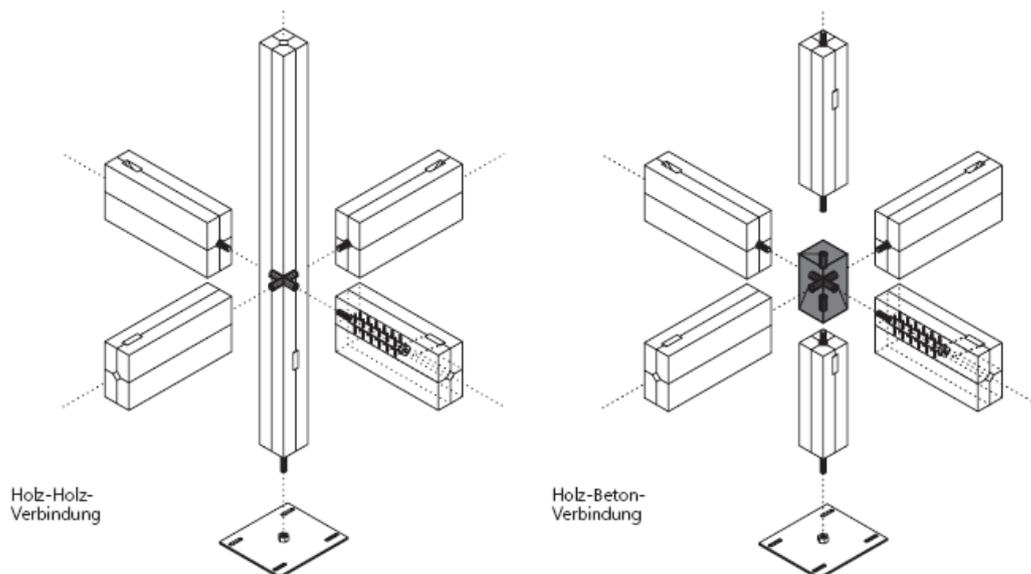


Abb. 13: induo®-Balken Verbindungssystem [1]

Tab. 5: Zulässige Stützweiten für Nebenträger [1]
in m, Kreuzbalken, $e = 62,5$ cm, $f \sim l/300$

Flächenlast [kN/m ²]	Querschnitt b / h [cm]			
	10 / 20	12 / 20	12 / 24	14 / 26
3,75	4,24	4,51	5,21	5,72
4,00	4,15	4,41	4,88	5,36
4,25	4,07	4,33	4,59	5,04
4,50	3,99	4,24	4,34	4,76
4,75	3,84	4,11	4,11	4,51
5,00	3,65	3,90	3,90	4,29

Tab. 6: Zulässige Stützweiten für Hauptträger in m [1]
in m, Kreuzbalken, S10, $b/h = 12/242$ cm, $f \sim l/300$

Flächenlast [kN/m ²]	Spannweite Nebenträger ³⁾ [m]				
	3,125	3,750	4,375	4,680	5,000
3,25	4,18	3,94	3,74	3,65	3,53
3,75	3,99	3,75	3,52	3,40	3,29
4,00	3,90	3,67	3,40	3,29	3,18
4,25	3,82	3,57	3,30	3,19	3,09
4,50	3,75	3,47	3,21	3,10	3,00

3.4 Lignatur



Abb. 14: Lignatur Produkte [1]

3.4.1 Anwendungsbereiche

- Wand
- Decke
- Dach

in Nutzungsklasse 1 + 2,
bei vorwiegend ruhender Belastung.

3.4.2 Nutzungsbereiche

- Ein- und Mehrfamilienhäuser
- Industrie- und Verwaltungsbauten
- Schulen und Kindergärten
- Sonderbauten
- Bauen im Bestand

3.4.3 Beschreibung

Lignatur-Elemente sind industriell gefertigte Kasten-, Flächen- oder Schalenelemente aus Nadelholz. Die multifunktionalen Strukturelemente erfüllen tragende, schall- und wärmedämmende, feuchte- und wärmespeichernde und flächenbildende Funktionen.

Die Lignatur-Elemente eignen sich durch ihren optimierten Querschnitt besonders dort, wo grosse Spannweiten mit hohen Beanspruchungen zu überbrücken sind.

Die industrielle Fertigung garantiert eine grosse Passgenauigkeit und eine umfassende Qualitätssicherung.

Werkseitig können die Elemente bereits präzise mit CNC-gesteuerten Abbundanlagen weiterbearbeitet und für die Montage vorbereitet werden.

Da die Fertigung und der Nachweis der Tragfähigkeit nach den einschlägigen Bemessungsnormen des Holzbaus geführt werden können, ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nicht erforderlich. Das Herstellwerk verfügt über den notwendigen Nachweis der Eignung zum Leimen tragender Bauteile (Leimgenehmigung).

Lignatur lässt sich mit anderen Systemen bzw. Bauweisen kombinieren.

Die **Kastenelemente** (LKE) besitzen eine Deckbreite von 195 mm. Die Elemente sind mit doppelter Nut und Feder versehen und werden bei der Montage miteinander verschraubt.

Die **Flächenelemente** (LFE) sind standardmässig 514 bzw. 1000 mm breit. Die Flächenelemente werden je nach statischer Anforderung mit Nut und Feder oder mit Schubdübeln miteinander verbunden. Vorkomprimierte Dichtungsbänder können zur luft- und dampfdichten Ausbildung der Fugen eingelegt werden.

Die **Schalenelemente** (LSE) sind besonders für den Einsatz im Steildachbereich konzipiert. Die 514 mm bzw. 1000 mm breiten Elemente werden ebenfalls durch Nut- und Feder miteinander verbunden.

3.4.4 Baustoffe, Bauteile, Herstellung

Technisch getrocknete Lamellen aus Nadelholz der Sortierklasse S 10 (MS 10) werden im Hochfrequenzverfahren miteinander verklebt.

Durch den Vergütungseffekt entsprechen die Festigkeitswerte denen von Brettschichtholz der Festigkeitsklasse BS 11 nach DIN 1052.

In der Regel wird Fichte verwendet.

Es sind verschiedene Sicht- und Oberflächenqualitäten lieferbar.

3.4.5 Raster, Modul

Die Lignatur-Elemente werden in Standardbreiten gefertigt. Durch die objektbezogene Herstellung von Pass-Elementen ist das Produktionsraster für den Entwurf nicht bindend.

3.4.6 Tragwerk

Die Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise der Lignatur-Elemente können als geklebte Verbundbauteile nach den einschlägigen Bemessungsnormen des Holzbaus geführt werden.

Der Lastabtragung der Dach- und Deckenplatten erfolgt im wesentlichen einachsrig.

Das Schwingungskriterium gilt laut Hersteller bei einer Beschränkung der Durchbiegung auf $l/500$ als erfüllt.

Die Auflagerung der Decken- und Dachelemente erfolgt in der Regel direkt.

Die üblichen mechanischen Verbindungsmittel (z.B. nach DIN 1052-2) können unter Beachtung der notwendigen Randabstände eingesetzt werden.

Auf die erforderlichen Einzelnachweise für die Verankerung der Wandelemente mit der Unterkonstruktion wird ausdrücklich hingewiesen.

3.4.7 Wärmeschutz und Feuchteschutz

Grundsätzlich sind sowohl dampfdiffusionsoffene wie auch dampfdiffusionsdichte Konstruktionen möglich. Bei diffusionsoffenen Aufbauten haben sich die Massivholzelemente durch ihr Diffusionsverhalten und durch ihre Speicher- und Wärmedämmfähigkeit bewährt.

3.4.8 Schallschutz

Für unterschiedliche Schutzziele liegen für Decken geprüfte Aufbauten vor.

3.4.9 Brandschutz

Seit 1997 erfolgt die Berechnung des Feuerwiderstandes von Lignatur-Elementen über die Bestimmung des Abbrandes. Als Berechnungsgrundlage wird die SIA-Dokumentation 83 [9] verwendet, die

sich an die Bemessungsmethode mit dem ideellen Restquerschnitt nach DIN 1995-1-2 (EC 5-1-2) orientiert. Ausführliche Informationen sind dem Lignatur-Handbuch sowie dem Prüfbericht des Instituts für Baukonstruktion und Statik der ETH Zürich zu entnehmen.

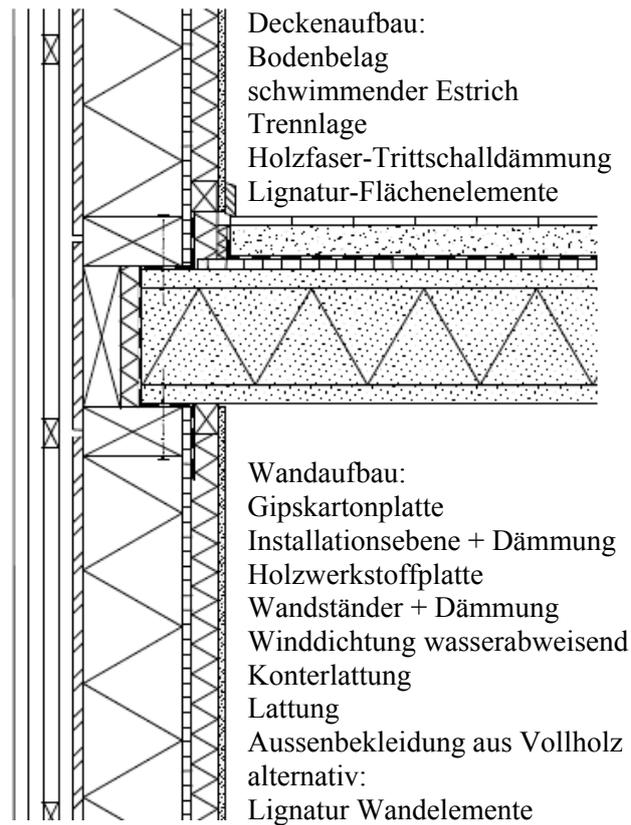
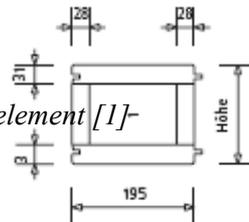


Abb. 15: Lignatur Deckenaufbau [1]

3.4.10 Bauteilabmessungen-Tragfähigkeiten

Tab. 7: Lignatur-Kastenelement [1]

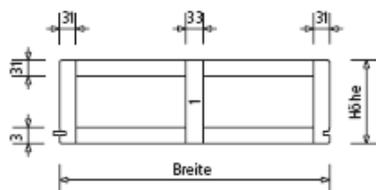


Abmessungen		zulässige Beanspruchungen ¹⁾		
Typ (= Höhe in mm)	Elementbreite mm	N _{zul} kN/m	V _{zul} kN/m	M _{zul} kNm/m
80 ²⁾	195	680	64	11,7
100 ²⁾	195	850	80	18,3
120	195	664	29	24,2
140	195	711	35	31,2
160	195	758	41	37,5
180	195	805	46	44,2
200	195	852	52	51,1
220	195	899	57	58,4
240	195	946	62	66,1
280	195	1151	72	95,4
320	195	1245	83	115,2

Standardlängen: bis 12000 mm
 Überlängen: auf Anfrage

¹⁾ für nicht stabilitätsgefährdete Bauteile
²⁾ massive Elemente

Tab. 8: Lignatur-Flächenelemente [1]

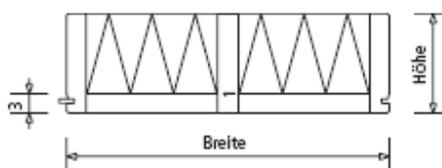


Abmessungen		zulässige Beanspruchungen ¹⁾		
Typ (= Höhe in mm)	Elementbreite mm	N _{zul} kN/m	V _{zul} kN/m	M _{zul} kNm/m
120	514	616	19	24,0
	1000	603	17	23,9
140	514	647	23	30,6
	1000	630	20	30,5
160	514	678	27	36,5
	1000	656	23	36,2
180	514	708	31	42,7
	1000	682	27	42,2
200	514	739	35	49,0
	1000	709	30	48,4
220	514	770	38	55,6
	1000	735	33	54,8
240	514	801	42	62,4
	1000	762	36	61,4
280	514	862	49	76,6
	1000	814	43	75,1
320	514	924	57	91,7
	1000	867	49	89,5

Standardlängen: bis 16000 mm
Überlängen: auf Anfrage

¹⁾ für nicht stabilitätsgefährdete Bauteile

Tab. 9: Lignatur Schalenelemente [1]



Abmessungen		zulässige Beanspruchungen ¹⁾		
Typ (= Höhe in mm)	Elementbreite mm	N _{zul} kN/m	V _{zul} kN/m	M _{zul} kNm/m
160	514	462	24	11,2
	1000	433	20	9,8
180	514	493	27	13,7
	1000	460	23	12,0
200	514	523	30	16,3
	1000	486	26	14,3
220	514	554	34	19,0
	1000	513	29	16,6
240	514	585	37	21,7
	1000	539	31	19,1

Standardlängen: bis 12000 mm
Überlängen: auf Anfrage

¹⁾ für nicht stabilitätsgefährdete Bauteile

Einfeldträger, zulässige Durchbiegung $f \leq l/500$

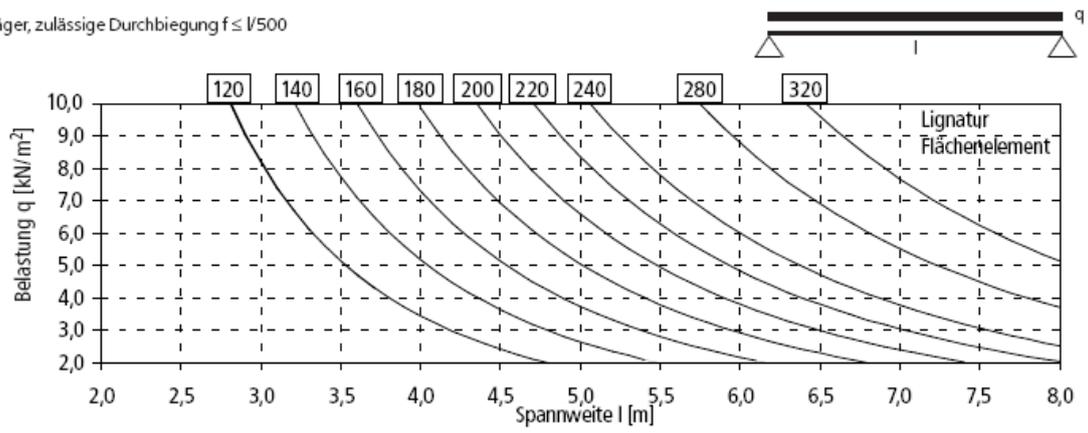


Abb. 16: Lignatur: Spannweite in Abhängigkeit von der Belastung [1]

3.5 LIGNOTREND



Abb. 17: LIGNOTREND Produkte [1]

3.5.1 Anwendungsbereiche

- Wand
- Decke
- Dach

in Nutzungsklasse 1 + 2

bei vorwiegend ruhender Belastung.

3.5.2 Nutzungsbereiche

- Ein- und Mehrfamilienhäuser
- Industrie- und Verwaltungsbauten
- Schulen und Kindergärten
- Sonderbauten

3.5.3 Beschreibung

LIGNOTREND ist ein aus einzelnen Flächenelementen zusammengesetztes bauaufsichtlich zugelassenes und patentiertes Holzbausystem für Wand, Decke und Dach.

Die Wandelemente bestehen aus 3, 4, 5 aussen faserparallel und mittig kreuzweise dazu auf Abstand verklebten Brettlagen. Die Standardelementlänge beträgt 2,5 m und 3,0 m. Sonderlängen sind möglich.

Die Holzblocktafeln sind sehr formstabil und weisen eine hohe Steifigkeit in der Wand- und Scheibenebene auf. Die Elektroinstallation kann direkt in den Hohlräumen verlegt und geführt werden. In den weiterverarbeitenden Holzbaubetrieben werden die in Standardbreiten industriell gefertigten Holzblocktafeln mit BS-Holz-Schwellen und -Rahmen zu geschosshohen Wandtafeln verbunden.

Die Deckenelemente bestehen aus einer zweilagigen 40 mm dicken unteren Gurtplatte mit in Plattenlängsrichtung aufgeklebten Stegen aus Brettschichtholz. Der obere Abschluss wird typenabhängig mit Gurtplatte oder mit rostartigen Querhölzern ausgeführt. Die Deckenelemente werden produktionsbedingt zunächst mit einer Einzellänge von 3 m gefertigt und anschliessend durch Universal-Keilzinkenverbindungen objektbezogen zu Elementen bis 18 m Länge zusammengefügt.

Die Decken- und bestimmte Wandelemente können auch als Dachelemente eingesetzt werden.

Für Gebäude mit hohen akustischen Anforderungen (z.B. Industrie-, Mehrzweck, Sporthallen) stehen statisch tragfähige Akustikelemente mit Schallabsorptionswerten im bauakustisch relevanten Bereich von bis zu $\alpha_w = 0,65$ zur Verfügung.

LIGNOTREND lässt sich mit anderen Systemen bzw. Bauweisen kombinieren.

3.5.4 Bauteile, Baustoffe, Herstellung

Die Wandelemente müssen in den Aussenlagen aus Nadelholz mindestens der Sortierklasse S 10 (MS 10) hergestellt werden. Bei allen übrigen Lagen sind auch Lamellen der Sortierklasse S 7 (MS 7) zulässig.

Deckenelemente dürfen generell aus Nadelholz der Sortierklasse S 7 (MS7) gefertigt werden, wobei sich durch den Vergütungseffekt höhere Beanspruchbarkeiten und E-Moduln als für diese Sortierklasse ergeben.

In der Regel wird Fichte / Tanne verwendet. Die Klebung der Bauteile erfolgt mit Einkomponenten-PUR-Klebstoff, formaldehydfrei, Emissionsklasse E0.

Es sind verschiedene Sicht- und Oberflächenqualitäten lieferbar.

3.5.5 Raster, Modul

Aufgrund des kleinen Produktionsrasters von 12,5 cm erlaubt das System individuelle Grundriss- und Fassadenentwürfe. Das Produktionsraster ist für den Entwurf nicht bindend. Die handelsüblichen, standardisierten Ausbauelemente wie Türen, Fenster usw. können problemlos eingeplant werden.

3.5.6 Tragwerk

Der statische Nachweis für Decken-, Wand und Dachbauteile unter Verwendung von LIGNOTREND Decken- bzw. Wandelementen muss in jedem Einzelfall geführt werden.

Alle bauaufsichtlich zugelassenen LIGNO-TREND Elemente dürfen als tragende und aussteifende Bauteile zur Aufnahme und Weiterleitung von Lasten rechtwinklig und in Plattenebene beansprucht werden.

In den Zulassungen sind die zulässigen Biegemomente und Querkräfte der einzelnen Typen für die Beanspruchung in und rechtwinklig zur Plattenebene genannt.

Für die Holzblocktafeln ist zusätzlich die in Wandebene aufnehmbare zulässige Horizontallast angegeben.

Auf die erforderlichen Einzelnachweise für die Verankerung der Wandelemente mit der Unterkonstruktion wird ausdrücklich hingewiesen.

Die Lastabtragung der Dach- und Deckenplatten erfolgt im wesentlichen einachsig.

Gemäss Zulassung ist der Nachweis der Tragfähigkeit bei Decken von Wohnräumen mit einer Verkehrslast von $p = 2,0 \text{ kN/m}^2$ (ohne Querverteilung) zu führen. Beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit kann diese bei den Deckenelementen mit oberseitigen Querhölzern die Verkehrslast auf $p = 1,50 \text{ kN/m}^2$ reduziert werden.

Das Schwingungskriterium gilt laut Hersteller bei einer Beschränkung der Durchbiegung auf $1/500$ als erfüllt. Die Auflagerung der Deckenelemente erfolgt in der Regel direkt auf dem Wandrähm.

Die üblichen mechanischen Verbindungsmittel können unter Beachtung der Zulassungen der Wand- und Deckenelemente eingesetzt werden.

3.5.7 Wärmeschutz und Feuchteschutz

Vom Hersteller wird ein mehrschichtiger, diffusionsoffener Wandaufbau empfohlen. Durch die aussenliegende, durchgehende Wärmedämmschicht werden Wärmebrücken weitgehend vermieden.

Die LIGNOTREND Elemente nehmen durch ihre grosse Holzmasse bei schwülwarmer Sommerhitze Luftfeuchtigkeit auf, speichern sie und geben sie im Winter raumseitig wieder ab. Sie wirken somit als ganzjährig ausgleichender Feuchtepuffer für die Wohnraumluft.

3.5.8 Schallschutz

Für unterschiedliche Schutzziele für Wand, Decke und Dach liegen geprüfte Aufbauten vor.

Durch Befüllen der Hohlkammern der Deckenelemente mit einer schweren Sand- oder Kalksplittschüttung nach Verlegung der Installationsleitungen werden sehr hohe Schallschutzwerte erreicht. Damit werden die Schallschutzanforderungen an Wohnungstrenndecken problemlos erfüllt.

3.5.9 Brandschutz

Brandschutz-Prüfzeugnisse oder gutachterliche Stellungnahmen liegen für die meisten Elemente vor.

Die Deckenelemente entsprechen laut Zulassung unter Verwendung von B2 Baustoffen beim Deckenaufbau F 30-B.

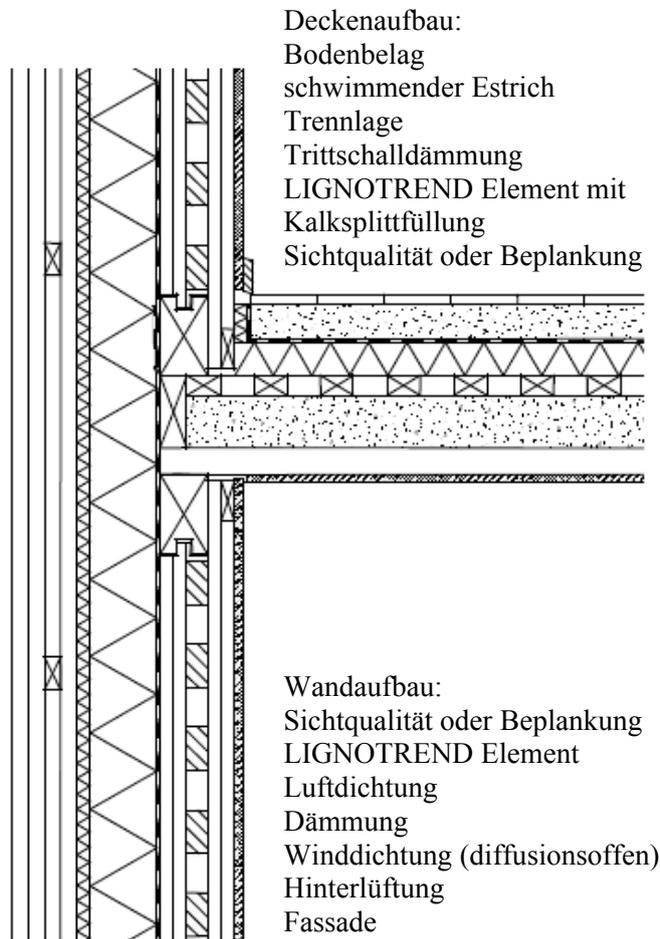


Abb. 18: LIGNOTREND-Deckenaufbau [1]

3.5.10 Bauteilabmessungen und Tragfähigkeiten

Tab. 10: LIGNOTREND-Deckenelemente Bauteilabm. und Tragfähigkeiten [1]

Höhe	Typ	Decke Q3	Block Q	Block Q3	Rippe 2
80	–	–	75	75	75
100	102	102	95	95	95
120	122	122	115	115	115
140	142	142	–	135	135
160	162	162	–	155	155
180	182	182	–	175	175
200	202	202	–	195	195
220	222	222	–	215	215
240	242	242	–	235	235
260	262	262	–	255	255
280	282	282	–	–	–

Breite: 600

Standardlängen: bis 18000

Einfeldträger, zulässige Durchbiegung $f \leq l/500$

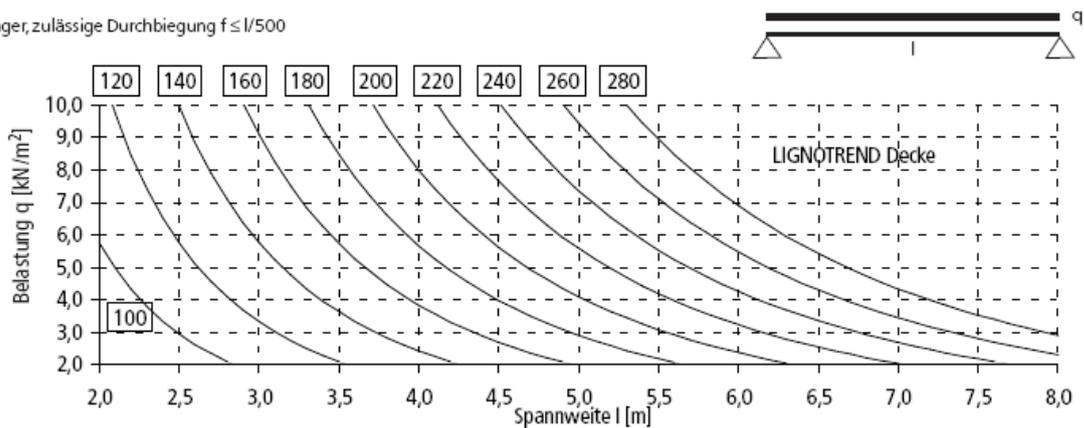


Abb. 19: LIGNATUR - Spannweite in Abhängigkeit von der Belastung [1]

3.6 Systeme aus Brettstapel- oder Dübelholz-Elementen



Abb. 20: Brettstapelemente [1]

3.6.1 Allgemeines

Die Systeme bestehen aus flächenbildenden, tragenden Elementen aus hochkant gestellte Bretter, Bohlen oder Kanthölzern. Sind diese Hölzer in Längsrichtung kraftschlüssig oder auch nicht kraftschlüssig aneinandergereiht, bezeichnet man sie als Lamellen. Andere Bezeichnungen lauten z.B. Brettstapelbau-Elemente, Dübelholz-Elemente, Lamellenholz-Elemente, Bohlenstapel-Elemente.

3.6.2 Anwendungsbereiche

- Wand
- Decke
- Dach

Nutzungsklasse 1

(NK 2 ist unter bestimmten Bedingungen möglich) Vorwiegend ruhende Belastungen

3.6.3 Nutzung

- Ein- und Mehrfamilienhäuser
- Industrie- und Verwaltungsbauten
- Schulen und Kindergärten
- Sonderbauten, Sportbauten
- Landwirtschaftliche Gebäude

3.6.4 Beschreibung

Die Bretter, Bohlen oder Kanthölzer laufen über die ganze Elementlänge ungestossen durch oder sind durch Keilzinkung kraftschlüssig miteinander zu Lamellen verbunden. Für Keilzinkungen ist eine Leimgenehmigung erforderlich. In Ausnahmefällen können die Lamellen stumpf gestossen sein. Die Dicken der Lamellen betragen je nach Hersteller bis 60 mm.

Die Verbindung der Lamellen in Querrichtung erfolgt mit mechanischen Verbindungsmitteln, z.B. Nägeln oder Stabdübeln aus Holz. Diese Verbindungsmittel dienen der Schubübertragung zwischen den einzelnen Lamellen sowohl in horizontaler (Erzielung der Scheibenwirkung) als auch in vertikaler Richtung (Verteilung von Einzellasten). Durch diese Lastumlagerung wird eine Homogenisierung des Querschnittes erreicht.

Bearbeitung der Oberflächen oder der Ränder und damit die Masstoleranzen der Elemente hängen von der Wahl der jeweiligen Verbindungsmittel ab. Je

nachdem ob Nägel oder Holzdübel verwendet werden, müssen die Elemente an den Längsrändern mit unterschiedlich hohem Aufwand bearbeitet werden, um vergleichbare Toleranzen der Elementbreite einhalten zu können.

Brettstapel- und Dübelholz-Elemente sind mit anderen Systemen bzw. Bauweisen kombinierbar.

3.6.5 Decken- und Dachelemente

Die Unterseiten sind i.d.R. sichtbar und können zur Verbesserung der Raumakustik profiliert werden.

Spannweiten für Einfeldträger sind bis 6,00 m, für Durchlaufträger bis 7,50 m und für Dächer bis 9,00 m wirtschaftlich.

Die Element-Dicken (=Lamellenbreiten) betragen i.d.R. 60 bis 240 mm, in Ausnahmefällen bis 280 mm.

3.6.6 Baustoffe, Bauteile, Herstellung

Üblich sind Fichte / Tanne. Kiefer, Lärche oder Douglasie sind auf Anfrage lieferbar. Die zulässigen Holzarten für tragende und aussteifende Bauteile sind in DIN 1052-1/A1 aufgelistet.

Die erforderliche Festigkeitsklasse bei reinen Holzdecken beträgt mindestens S 7 (MS 7) und die Holzfeuchte ~ 18%.

Eine Vorfertigung erfolgt industriell mit automatischen Anlagen. In Ausnahmefällen, z.B. bei nachträglichem Ausbau vor Ort können die Elemente handwerklich in der Zimmerei hergestellt werden.

3.6.7 Oberflächenqualität

Nach RAL-Gütezeichen (beantragt) als Sicht-Qualität A mit hohen Anforderungen, als Sicht-Qualität B mit geringen Anforderungen oder als Industrie-Qualität ohne Anforderungen an die Bauteiloberflächen.

3.6.8 Raster, Modul

Die Systeme sind prinzipiell an kein Raster gebunden. Die einzelnen Hersteller arbeiten jedoch mit unterschiedlichen Produktionsrastern.

3.6.9 Tragwerk

Die statischen Nachweise sind in jedem Einzelfall zu führen. Sie erfolgen als einachsig gespannte Ein- oder Mehrfeldträger mit durchlaufenden Lamellen nach DIN 1052.

Um standardisierte Längen der Rohbretter (z.B. 4,50 m) verschnittfrei einsetzen zu können, werden in Ausnahmefällen variable, wandernde Stöße ausgebildet. Die Berechnung dieser Stöße ist in den Normen nicht geregelt. Solche freien Stöße sind bei Einfeldträgern nach [7] nicht zu empfehlen, da sich die Steifigkeit der Elemente deutlich verringert und die Verteilung von Einzellasten nicht ausreichend gewährleistet ist.

Bei breiten Elementen und entsprechender Ausbildung der Elementstöße darf unter Berücksichtigung der Hinweise in [0] der Tragfähigkeitsnachweis für Decken von Wohnräumen mit einer Verkehrslast von $p = 1,5$ kN/m² (ausreichende Querverteilung) geführt werden.

Die üblichen mechanischen Verbindungsmittel können unter Beachtung der Normen bzw. Zulassungen eingesetzt werden. Wahl und Anordnung hängen oft von den einzuhaltenden Randabständen in den Schmalseiten der Lamellen ab.

Besondere Massnahmen sind zur Ein- und Ausleitung von Lasten entlang der Elementränder erforderlich, z.B. Randbohlen zur Herstellung der Scheibenwirkung.

Die Scheibenwirkung ist in jedem Einzelfall nachzuweisen. Sie ist abhängig von verwendeten Verbindungsmittel. Die aus bauphysikalischen Anforderungen meist erforderlichen Beplankungen können auch die Aussteifung übernehmen, wenn dies in den entsprechenden Normen und Zulassungen der Baustoffe geregelt ist.

Die Brettstapel- und Dübelholz- Elemente weisen in Querrichtung eine geringe Biegesteifigkeit auf. Die steifere Verdübelung ergibt eine bessere Querverteilung der Verkehrslasten als die Vernagelung.

Das Schwingungsverhalten ist in jedem Fall zu prüfen, da diese Deckensysteme schwingungsanfälliger sind als normale Holzbalkendecken.

Auf die erforderlichen Einzelnachweise für die Verankerung der Wandelemente mit der Unterkonstruktion wird ausdrücklich hingewiesen.

3.6.10 Schwinden und Quellen

Formänderungen der einzelnen Lamellen durch Schwinden und Quellen insbesondere quer zur Faserrichtung entsprechen denen von Vollholz und werden bei genagelten und gedübelten Elemente zum Teil in den Lamellenfugen aufgenommen. Die Verformungen der Elemente sind konstruktiv zu berücksichtigen.

Die Einbaufeuchte ($\leq 18\%$) liegt i.d.R. so weit über der zu erwartenden Ausgleichsfeuchte, so dass die Elemente nur schwinden und damit die Gefahr des Schiefstellens der Wände durch Quellen ausgeschlossen wird.

Eine Schutzschicht (Folie, Pappe, HWS-Platte o.ä.) verhindert ein Ausrieseln von Schüttungen und

3.6.11 Bauphysik

Die flächenhaften Elemente bewirken eine Reduzierung der Anzahl der notwendigen Schichten z.B. des Wandaufbaus. Es ergibt sich damit eine grössere Einfachheit und eine höhere Robustheit der Bauteile.

Die bauphysikalischen Eigenschaften sind abhängig von der Ausbildung der Fugen zwischen den Lamellen und zwischen den Elementen.

3.6.12 Wärme- und Feuchteschutz

Wegen der aussenliegenden, durchgehenden Wärmedämmschicht ergeben sich keine oder nur geringe Wärmebrücken. Genagelte und gedübelte Elemente sind in der Fläche luftdurchlässig, so dass eine komplette Luftdichtheitsschicht eingebaut werden muss.

Die Bauteile besitzen wegen der grossen Holzmasse eine hohe Fähigkeit der Zwischenspeicherung von Feuchtigkeit (Pufferung). Durch eine hohe Temperatur-Amplitudendämpfung und eine grosse Phasenverschiebung stellt sich ein ausgeglichenes, behagliches Wohnklima ein.

3.6.13 Schallschutz

Die Lamellendecken weisen gegenüber den herkömmlichen Holzbalkendecken eine höhere Steifigkeit und damit trotz der höheren Masse kein besseres Trittschallschutzmass auf. Geprüfte Aufbauten sind in [3] beschrieben.

Die Schalllängsleitung der relativ biegesteifen Decken in die ähnlich steifen Wände ist ebenso zu berücksichtigen wie die Weiterleitung des Schalls entlang der offenen Lamellenfugen bei durchlaufenden, sichtbaren Decken über die Wände hinweg.

Die Raumakustik kann durch Profilierung der sichtbaren Unterseiten verbessert werden.

3.6.14 Brandschutz

Übliche Bauteile erreichen ohne besondere Massnahmen F 30-B. Die Anschlüsse und Elementfugen müssen jedoch entsprechend ausgebildet werden. F 60-B und F 90-B ist ggf. durch Vergrößerung der Bauteildicken oder mit Holz-Beton-Verbundelementen erreichbar.

Eine Beplankung mindestens auf der dem Feuer abgewandten Seite verhindert ein Durchströmen der Fugen (Kaminwirkung) und damit den schnellen Durchbrand.

Der Brandschutznachweis erfolgt über Abbrandraten [4] . Es muss mindestens mit 0,8 mm/min wie bei Vollholz gerechnet werden.

3.6.15 Sonstiges, Besonderheiten

Lamellenelemente werden häufig als Decken- und Dachbauteile im Holzrahmenbau sowie im Beton- und Mauerwerksbau eingesetzt.

Die Installationsführung erfolgt raumseitig vor den Elementen in einer besonderen Installationsebene oder im Fussbodenaufbau. Nur mit besonderen Massnahmen direkt in den Elementen. Aussparungen / Schlitze sind sinnvollerweise in Lamellenrichtung anzuordnen und ggf. nachzuweisen. Für Elektroleitungen können Nuten in einzelne Lamellen gefräst werden.

3.6.16 Masstoleranzen

Masstoleranzen sind von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich und werden nach DIN 18203-3, Tab. 2 geregelt. Die Messbezugsfeuchte beträgt um = 15%.

Zusätzlich ist nach RAL-Gütezeichen (beantragt) ein Höhenversatz benachbarter Lamellen bei sichtbarer Oberfläche von max. 3 mm und bei nicht sichtbarer Oberfläche von max. 6 mm einzuhalten.

3.6.17 Bauteilabmessungen

Je sind je nach Hersteller unterschiedlich und nahezu beliebig gross. Sie werden nur von den jeweiligen Produktions- und Transportbedingungen begrenzt.

Die Elementdicken sind durch die verfügbare Lamellenbreiten begrenzt.

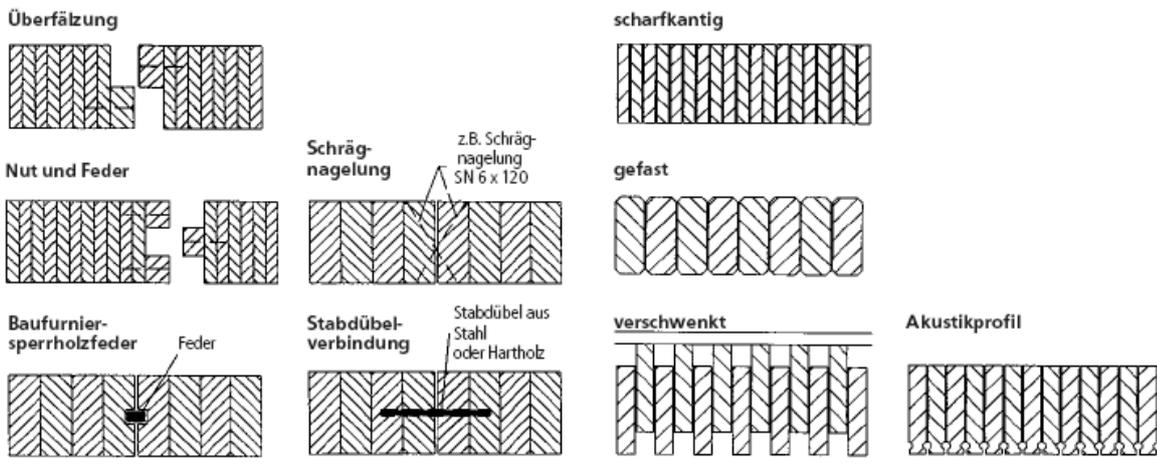


Abb. 21: Verbindungsmöglichkeiten [1]

3.7 Brettstapel-Elemente genagelt

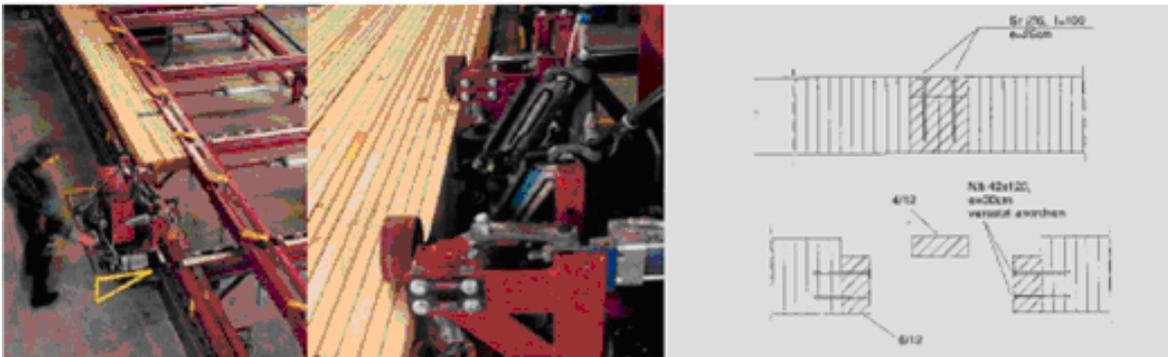


Abb. 22: Nagelverbindung [1]

3.7.1 Beschreibung

Die Elemente bestehen aus miteinander vernagelten Lamellen.

Die Längsränder und z.T. die Oberflächen können nach dem Vernageln i.d.R. nicht mehr bearbeitet werden. Grössere Masstoleranzen vor allem der Elementbreite können durch zusätzliche Massnahmen der Randbearbeitung, z.B. Aufnagelung von Passlamellen vermieden werden.

Die Stösse der Elemente erfolgen mit oberseitigen Streifen aus HWS-Platten oder mit zusätzlich aufgenagelten Stossleisten, z.B. als Stufenfalz.

3.7.2 Baustoffe, Bauteile, Herstellung

Die Lamellen sind sägerau, egalisiert oder gehobelt. Nägel werden nach Norm, bauaufsichtlicher Zulassung oder mit Einstufungsschein verwendet.

Die Vernagelung erfolgt nach jeweiliger statischer Berechnung entsprechend den Lasten und damit entsprechend der Nutzung, z.B. bei 35 mm-Lamellen mit Nä 3,1/90, alle 150 mm oder bei 60 mm-Lamellen mit Nä 3,8/110, alle 150 mm.

3.7.3 Tragwerk

Die Lamellen sind durchlaufend oder gestossen. Stösse mit Keilzinkung erfordern eine Leimgenehmigung. Die Scheibenwirkung ist in jedem Einzelfall nachzuweisen. Sie wird bei grösseren Gebäuden z.B. durch eine Beplankung mit HWS-Platten und Randbohlen zur Befestigung auf anderen Bauteilen erreicht. Die Scheibentragfähigkeit und besonders die

Steifigkeit der unverstärkten Elemente allein ist meist nur bei kleineren Bauten (z.B. EFH) für die Aussteifung ausreichend. Eine Scheibenwirkung kann in Ausnahmefällen, z.B. bei kleinen Scheibenabmessungen auch durch Windrispenbänder erreicht werden. Wenn das Abnageln auf jeder Lamelle unmöglich ist, muss ein Fachwerk aus Rispe und Randbohlen gebildet werden.

Einfeldträger, zulässige Durchbiegung $f \leq l/500$

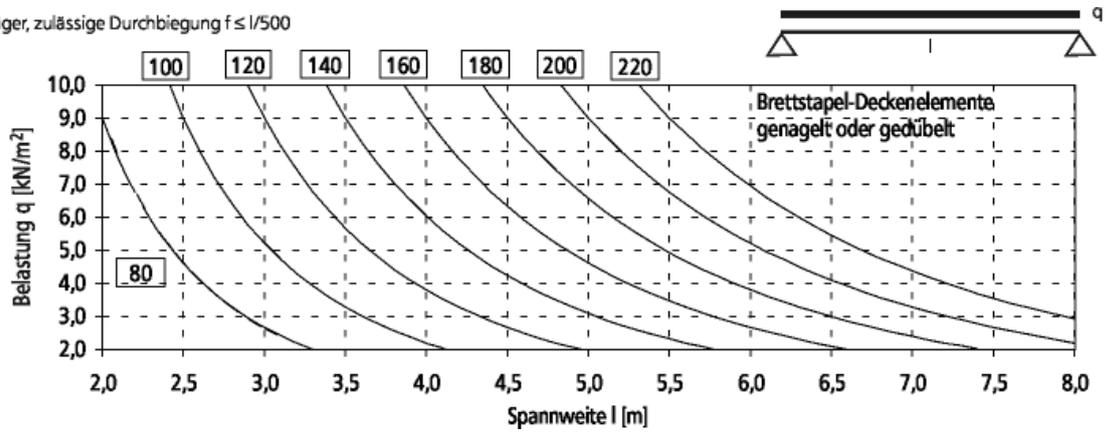


Abb. 23: Brettstapel-Deckenelemente genagelt oder gedübelt Spannweiten [1]

3.8 Dübelholz-Elemente



Abb. 24: Dübelholz-Elemente [1]

3.8.1 Beschreibung

Die Elemente werden mit Stabdübeln aus Hartholz nur über Klemmkräfte verbunden.

Da die Ränder und Oberflächen keine metallischen Verbindungsmittel aufweisen, ist eine komplette Bearbeitung z.B. mit CNC- oder Hobelmaschinen möglich. Dadurch ist eine nahezu beliebige Masshaltigkeit erreichbar, die im wesentlichen nur von der Genauigkeit der Bearbeitungsmaschinen abhängt.

Die Stöße der Elemente erfolgen mit Nut- und Feder, Fremdfedern, überstehenden Dübeln oder mit oberseitigen Streifen aus HWS-Platten.

3.8.2 Baustoffe, Bauteile, Herstellung

Die Lamellen sind sägerau, egalisiert oder gehobelt. Lamellendicken von 45 bis 60 mm für nicht sichtbare und 20 bis 60 mm für sichtbare Elemente sind üblich.

Die Festigkeitsklasse für sichtbare Bauteile muss mindestens S 10 (MS 10) betragen, sonst S 7 (MS 7).

Die geriffelten Hartholz-Stabdübel sind meist aus Buche mit Durchmesser 20 mm. Die Feuchte beträgt ca. 7%. Durch den Feuchteausgleich quillt der Dübel etwas auf und die Klemmwirkung wird verstärkt. Die Abstände der Dübel ergeben sich jeweils aus der statischen Berechnung. Sie betragen bei üblichen Decken ca. 300 mm. Die Löcher werden mit 19,5 mm vorgebohrt.

3.8.3 Oberflächenqualität

Dübelholz-Elemente können ohne Beplankung oder mit handelsüblichen Produkten wie NF-Schalung, Gipsbauplatten usw. beplankt ausgeführt werden.

3.8.4 Tragwerk

Die Lamellen laufen i.d.R. durch. Stösse mit Keilzinkung erfordern eine Leimgenehmigung. Bei nicht sichtbarer Anwendung können die Lamellen in Ausnahmefällen stumpf gestossen sein. Dann ist ein besonderer Nachweis (Zustimmung im Einzelfall) erforderlich, da Hartholzdübel nicht genormt sind.

Die Scheibenwirkung ist in jedem Einzelfall nachzuweisen. Sie wird bei grösseren Gebäuden durch eine Beplankung mit HWS-Platten und Randbohlen zur Befestigung auf anderen Bauteilen erreicht. Die Scheibentragfähigkeit und besonders die Steifigkeit der unverstärkten Elemente allein ist meist nur bei kleineren Bauten (z.B. EFH) für die Aussteifung ausreichend.

Eine Scheibenwirkung kann in Ausnahmefällen, z.B. bei kleinen Scheibenabmessungen auch durch Windrispenbänder erreicht werden. Wenn das Abnageln auf jeder Lamelle nicht möglich ist, muss ein Fachwerk aus Rispe und Randbohlen gebildet werden.

Der Nachweis der Scheibensteifigkeit kann unter Zuhilfenahme von [8] und [7] auf der Grundlage gängiger baustatischer Methoden erfolgen.

3.8.5 Schwinden und Quellen

Die Klemm- und Absperrwirkung der durchgehenden Hartholzdübel bewirkt eine Verringerung der Verformungen des Gesamtelementes in der Breite.

3.8.6 Sonstiges, Besonderheiten

Je nach Anbieter können Dübel vorstehen und in das nächste Element eingreifen.

3.9 System Haas (BS-Holz-Elemente)



Abb. 25: System Haas Produkte [1]

3.9.1 Beschreibung

Das System besteht aus flächenbildenden, formstabilen, tragenden Elementen aus stehenden, miteinander verklebten Lamellen.

Des weiteren werden im System kleinformatige Dielen aus liegenden, verklebten Lamellen eingesetzt. Die Verklebung ermöglicht eine problemlose Bearbeitung der Oberflächen und aller Ränder mit allen Holzbearbeitungswerkzeugen, z.B. mit CNC- oder Hobelmaschinen. Dadurch ist eine nahezu beliebige Masshaltigkeit erreichbar, die im wesentlichen nur von der Genauigkeit der Bearbeitungsmaschinen abhängt.

Die Stöße der Elemente erfolgen mit Nut- und Feder, Fremdfedern oder mit oberseitigen Streifen aus HWS-Platten.

Alle Elemente werden kommissionsweise gefertigt.

3.9.2 Anwendungsbereiche

- Wand
- Decke
- Dach

Nutzungsklasse 1

(NK 2 ist unter bestimmten Bedingungen möglich) Vorwiegend ruhende Belastungen.

3.9.3 Nutzung

- Ein- und Mehrfamilienhäuser
- Industrie- und Verwaltungsbauten
- Schulen und Kindergärten
- Sonderbauten, Galerien
- Sportbauten
- Landwirtschaftsgebäude

3.9.4 Decken- und Dachelemente

Die Unterseiten bleiben i.d.R. sichtbar.

Spannweiten für Einfeldträger sind bis 6,00 m, für Durchlaufträger bis 7,50 m und für Dächer bis 9,00 m wirtschaftlich.

Die Element-Dicken (=Lamellenbreiten) betragen i.d.R. 100 bis 240 mm.

3.9.5 Baustoffe, Bauteile, Herstellung

Üblich sind Fichte / Tanne. Kiefer, Lärche oder Douglasie sind auf Anfrage lieferbar. Die zulässigen Holzarten für tragende und aussteifende Bauteile sind in DIN 1052-1/A1 aufgelistet.

Die Herstellung erfolgt nach den Regeln für BS-Holz nach DIN 1052. Die Festigkeitsklasse beträgt mindestens BS 11 und die Holzfeuchte bei Herstellung $12 \pm 3\%$.

Die Verklebung erfolgt mit Polyurethan-Klebstoff.

3.9.6 Oberflächenqualität

Neben der Sicht-Qualität mit hohen Anforderungen an die Bauteiloberflächen wird eine Industrie-Qualität ohne Anforderungen angeboten. Besondere Qualitäten können vereinbart werden.

3.9.7 Raster, Modul

Das System ist an kein Raster gebunden. Die Produktionsbreite der Elemente beträgt i.d.R. 600 mm. Für beliebige Breiten werden zusätzliche schmale Ausgleichselemente erforderlich.

3.9.8 Tragwerk

Die statischen Nachweise sind in jedem Einzelfall zu führen. Sie erfolgen nach den üblichen Regeln der Baustatik als einachsige gespannte Ein- oder Mehrfeldträger.

Bei breiten Elementen und entsprechender Ausbildung der Elementstöße darf der Tragfähigkeitsnachweis für Decken von Wohnräumen mit einer Verkehrslast von $p = 1,5 \text{ kN/m}^2$ (ausreichende Querverteilung) geführt werden.

Rechenwerte der Spannungen und Steifigkeiten wie homogenes BS-Holz nach DIN 1052. Nach ersten Untersuchungen der FMPA BW, Stuttgart, ergeben sich etwa 20% höhere zulässige Biegespannungen bei Bauteilen mit stehenden Lamellen (Querbiegung). Dies entspricht auch dem Systemwert für geklebte Flächenelemente aus DIN V ENV 1995-2.

Die Scheibenwirkung ist in jedem Einzelfall nachzuweisen. Die Ausbildung der Decken- und Dachscheiben erfolgt durch kraftschlüssige Übertragung der schubsteifen Elemente über die Fugen z.B. mit Stossbrett oder HWS-Streifen z.B. aus 3-S-Platten.

Die üblichen mechanischen Verbindungsmittel können unter Beachtung der Normen bzw. Zulassungen eingesetzt werden.

Das Schwingungsverhalten ist in jedem Fall zu prüfen, da diese Deckensysteme schwingungsanfälliger sind als normale Holzbalkendecken.

Auf die erforderlichen Einzelnachweise für die Verankerung der Wandelemente mit der Unterkonstruktion wird ausdrücklich hingewiesen.

3.9.9 Schwinden und Quellen

Formänderungen der einzelnen Lamellen durch Schwinden und Quellen insbesondere quer zur Faserrichtung entsprechen denen von Vollholz und

werden bei den geklebten Bauteilen in den Elementstößen aufgenommen. Die Verformungen der Elemente sind konstruktiv zu berücksichtigen. Die Einbaufeuchte liegt i.d.R. so hoch, dass die Gefahr des Schiefstellens der Wände durch Quellen ausgeschlossen wird, da Elemente nur schwinden.

Das Schwind- und Quellmaß beträgt wie bei BS-Holz 0,24 % je 1 % Feuchteänderung (Rechenwert) [5].

3.9.10 Bauphysik

Die flächenhaften Elemente bewirken eine Reduzierung der Anzahl der notwendigen Schichten z.B. des Wandaufbaus. Es ergibt sich damit eine grössere Einfachheit und eine höhere Robustheit der Bauteile. Die bauphysikalischen Eigenschaften sind abhängig von der Ausbildung der Fugen zwischen den Elementen.

3.9.11 Wärme- und Feuchteschutz

Wegen der aussenliegenden, durchgehenden Wärmedämmschicht ergeben sich keine oder nur geringe Wärmebrücken.

Die Elemente selbst sind luftdicht. Bei sorgfältiger, luftdichter Ausbildung der Fugen und diffusionsoffenem Aufbau, kann auf eine zusätzliche luftdichte Schicht verzichtet werden.

Die Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl beträgt $m = 40$ (wie Vollholz).

Die Bauteile besitzen wegen der grossen Holzmasse eine hohe Fähigkeit der Zwischenspeicherung von Feuchtigkeit (Pufferung).

Im Sommer werden die Temperaturspitzen gekappt, d. h. die Temperaturschläge gedämpft. Temperatur-Amplitudendämpfungen von über 21 können erreicht werden. Der tageszeitliche Temperaturgang wird gleichmässiger verteilt, eine Phasenverschiebung von mehr als 10 Stunden stellt sich ein. Dadurch ergibt sich ein ausgeglichenes, behagliches Wohnklima.

Schallschutz

Decken aus BS-Holz-Elementen weisen gegenüber den herkömmlichen Holzbalkendecken eine höhere Steifigkeit und damit, trotz der höheren Masse, kein besseres Trittschallschutzmass auf. Die Schalllängsleitung der relativ biegesteifen Decken in die ähnlich steifen Wände ist ebenso zu berücksichtigen wie die Weiterleitung des Schalls durch offene Elementfugen über Wänden bei sichtbaren, durchlaufenden Decken.

3.9.12 Brandschutz

Übliche Bauteile erreichen ohne besondere Massnahmen F 30-B. Die Anschlüsse und Elementfugen müssen jedoch entsprechend ausgebildet werden.

F 60-B und F 90-B ist durch Vergrösserung der

Bauteildicken erreichbar. Die Brandschutzbemessung erfolgt wie bei BS-Holz analog DIN 4102-4 oder über die Abbrandraten unter Beachtung der jeweiligen Fugenausbildung.

3.9.13 Sonstiges, Besonderheiten

BS-Holz-Elemente werden häufig als Decken- und Dachbauteile im Holzrahmenbau sowie im Beton- und Mauerwerksbau eingesetzt.

Installationsführung erfolgt raumseitig vor den Elementen in einer besonderen Installationsebene oder im Fussbodenaufbau (nur in Ausnahmefällen direkt in den Elementen). Aussparungen / Schlitz sind sinnvollerweise in Lamellenrichtung anzuordnen und ggf. nachzuweisen. Für Elektroleitungen können Nuten in einzelne Lamellen gefräst werden.

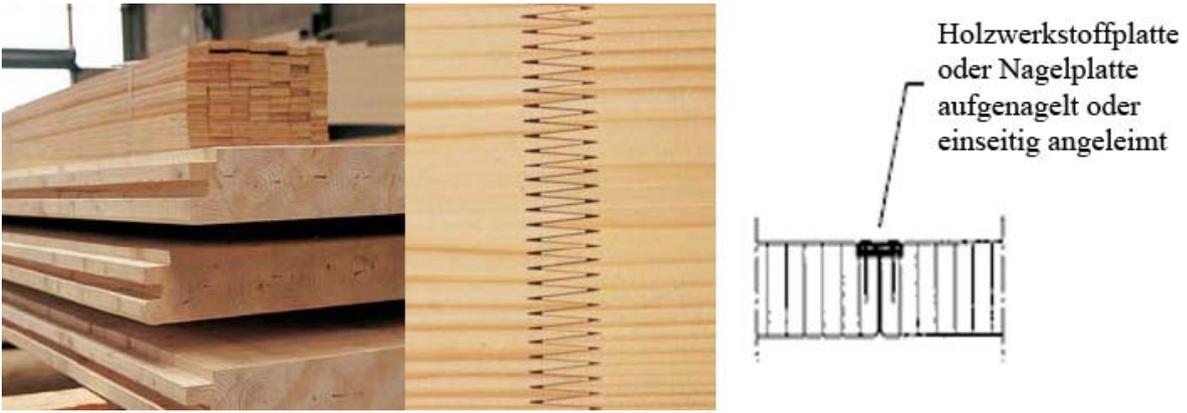


Abb. 26: System Haas Verbindung [1]

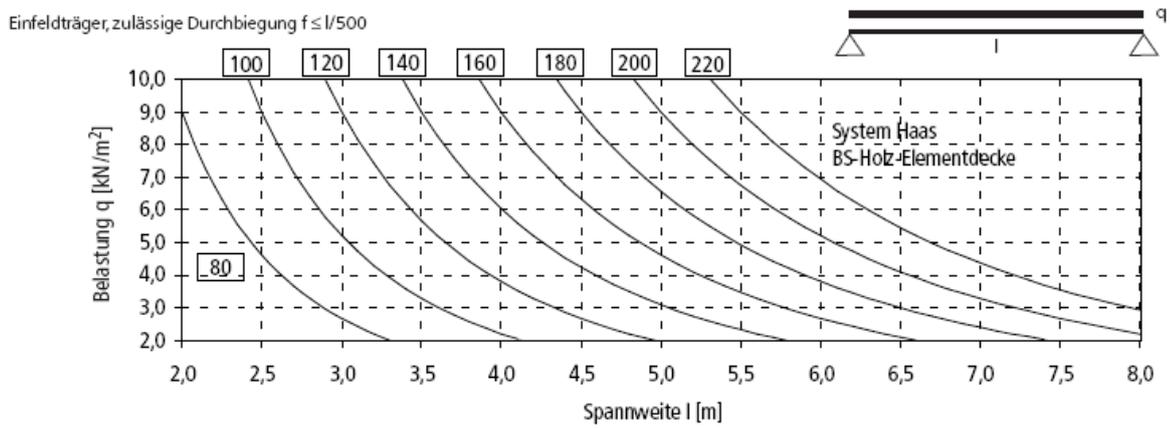


Abb. 27: System Haas Spannweite in Abhängigkeit von der Belastung [1]

3.10 LenoTec®-Massivbau



Abb. 28: LenoTec®-Massivbau Produkte [1]

3.10.1 Anwendungsbereiche

- Wand
- Decke
- Dach

in Nutzungsklasse 1 + 2

bei vorwiegend ruhender Belastung

nicht für Aussenwände von Kellergeschossen

3.10.2 Nutzungsbereiche

Ein- und Mehrfamilienhäusern besonders im Geschosswohnungsbau

Industrie- und Verwaltungsbauten

Schulen und Kindergärten

Geh- und Fahrbahnplatten im Brückenbau

Sonderbauten wie Fahrstuhlschächte, etc.

Es sind auch gekrümmte Bauteile ($r \sim 3500$ mm) möglich.

3.10.3 Beschreibung

LenoTec® (MERK-Dickholz®) ist ein symmetrisch aufgebautes bauaufsichtlich zugelassenes Brettsperrholz, das aus kreuzweise miteinander verklebten, keilgezinkten 17 oder 27 mm dicken Brettlagen aus Nadelholz hergestellt wird. Aufgrund der Absperrwirkung ist LenoTec® sehr formstabil.

Die LenoTec®-Elemente werden objektbezogen bis zu einer maximalen Breite von 4,80 m und einer Länge von maximal 20 m gefertigt.

Durch die grossen Elementabmessungen ist es möglich, Gebäude mit durchlaufenden Aussenwänden bis zu 4 Geschossen zu errichten. Mit einem eigens entwickelten Roboter werden die Bauteile passgenau zugeschnitten und montagefertig abgebunden.

LenoTec® ist mit anderen Systemen bzw. Bauweisen kombinierbar.

3.10.4 Baustoffe, Bauteile, Herstellung

In der Regel werden Fichtenholzlamellen der Sortierklasse S 7 bzw. S10 verwendet. Lärche und Douglasie sind auf Anfrage lieferbar.

Die Verklebung der Bauteile erfolgt i.d.R. mit Melaminharz, auf besonderen Wunsch mit Phenol-Resorcinharz oder Harnstoffharz.

Bei der Herstellung wird das Pressbett mit einer Spezialfolie umhüllt und dicht verschlossen. Mit Vakuumpumpen wird die Luft aus der Hülle evakuiert, so dass die Bauteile unter atmosphärischem Druck verpresst werden.

Es sind verschiedene Sicht- und Oberflächenqualitäten lieferbar. Die Decklagen können je nach Anforderung auch aus anderen Werkstoffen bestehen wie z.B. aus Holzwerkstoffen oder Massivholzplatten zur Verbesserung der Oberfläche (Sichtqualität).

Zur Verbesserung des Brandschutzes kann LenoTec® mit einer Decklage aus Gipskarton-Feuerschutzplatten hergestellt werden.

Als Wetterschutz bei Aussenwänden kann imprägniertes Kerto-Furnierschichtholz verwendet werden.

3.10.5 Raster, Modul

Das System unterliegt keinen Einschränkungen eines Moduls oder Rasters.

3.10.6 Tragwerk

Die Bemessung und Ausführung der LenoTec® Wand-, Decken- und Dachbauteile muss nach DIN 1052-1 und -2 erfolgen. Die zulässigen Spannungen, Elastizitäts- und Schubmoduln sind in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-9.1-501 und Z-9.1-354 geregelt.

Unter Beachtung der Haupt- und Nebentragrichtung kann eine zweiachsige Beanspruchung angesetzt werden. Auch punktgestützte Platten sind machbar.

Der Rollschub ist wie bei allen kreuzweise aufgebauten Platten zu beachten.

Als Flächenelement kann eine Scheibenwirkung angenommen werden.

Zur Übertragung der Schubkräfte können aufgesetzte Kerto-Q-Streifen, Überfaltungen oder eingenetete Kerto-Q-Federn ausgeführt werden.

Die üblichen mechanischen Verbindungsmittel können unter Beachtung der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung von LenoTec® eingesetzt werden. Die Faserrichtung der Decklagen ist bei der Bemessung der Tragfähigkeit zu beachten.

Der Mindestdurchmesser stabförmiger Verbindungsmittel beträgt 4 mm betragen.

3.10.7 Wärmeschutz und Feuchteschutz

Die Dämmung ist in der Regel aussenseitig angeordnet. Durch die aussenliegende, durchgehende Wärmedämmschicht werden Wärmebrücken weitgehend vermieden.

LenoTec® hat eine Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl von $\mu \approx 60$. Bei sorgfältiger luftdichter Ausführung der Fugen und diffusionsoffenem Aufbau kann auf eine zusätzliche luftdichte Schicht verzichtet werden.

Eine Dampfsperre ist nicht erforderlich

3.10.8 Schallschutz

Für unterschiedliche Schalldämmwerte für Wand, Decke und Dach liegen geprüfte Aufbauten vor.

3.10.9 Brandschutz

Bemessung analog DIN 4102 über Abbrandraten. Die Feuerwiderstandsdauer F 30-B bis F 90-B ist durch Dimensionierung oder Beplankung mit Gipskartonbauplatten (GKB) / Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) bzw. Gipsfaserplatten möglich.

3.10.10 Bauteilabmessungen

Die Plattendicken liegen, je nach Decklagen und Schichtzahl, zwischen 51 und 297 mm (Sonderdicken auf Anfrage). Die maximale Breite beträgt 4,80 m, Standardlänge 14,80 m. Längen bis zu 20,00 m sind möglich.

Tab. 11: LenoTec®-Massivbau: Plattendicke in Abhängigkeit von der Beanspr. [1]

Plattendicke (mm)	Beanspruchung ²⁾ (N/mm ²)					
	parallel zur Faserrichtung der äußeren Bretter			rechtwinklig zur Faserrichtung der äußeren Bretter		
	E*	zul σ_B^*	zul τ_R^*	E*	zul σ_B^*	zul τ_R^*
51	9630	9,63	0,32	370	1,11	- ¹⁾
61	9130	9,13	0,34	870	1,96	- ¹⁾
71	9860	9,86	0,31	140	0,57	- ¹⁾
81	9630	9,63	0,32	370	1,11	- ¹⁾
105 Typ 2	8900	8,90	0,35	1100	2,27	0,16
115 Typ 1	8640	8,64	0,36	1360	2,57	0,18
125	8190	8,19	0,36	1810	3,18	0,18
135	7920	7,92	0,37	2080	3,47	0,19
142	8170	8,17	0,40	1830	2,95	0,23
162	7410	7,41	0,40	2590	3,89	0,23
169 Typ 3	9570	9,57	0,33	430	1,19	0,12
189 Typ 2	9240	9,24	0,34	760	1,77	0,14
196	9300	9,30	0,35	700	1,55	0,17
216	8910	8,91	0,36	1090	2,19	0,18
243 Typ 2	8640	8,64	0,33	1360	2,44	0,21
257 Typ 2	8830	8,83	0,33	1170	2,03	0,19
267 Typ 4	8910	8,91	0,31	1090	1,83	0,24
297 Typ 4	8350	8,35	0,32	1650	2,59	0,25

¹⁾ keine innenliegende Querlage, d.h. kein Rollschubnachweis erforderlich

²⁾ rechtwinklig zur Plattenebene

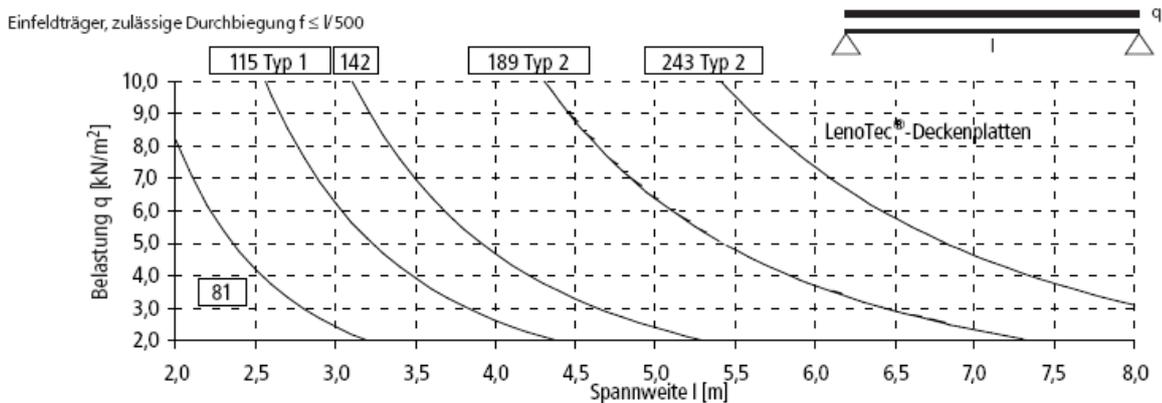


Abb. 29: LenoTec®-Massivbau: Spannweiten [1]

4 Einführung in das Sicherheitskonzept und Bemessungsgrundlagen nach Eurocode 5

4.1 Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept

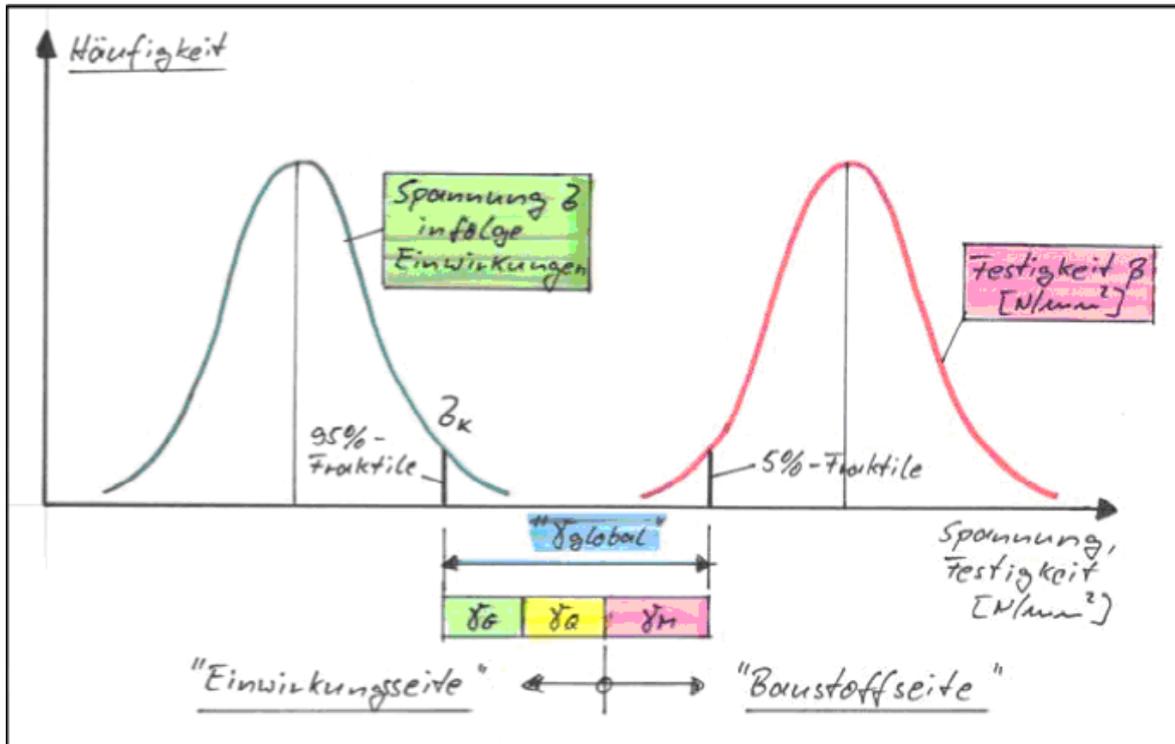


Abb. 30: Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept [14]

4.1.1 Sicherheitskonzept

- Einwirkungen, Beanspruchungen
- Nachweis in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit
- Nachweis in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

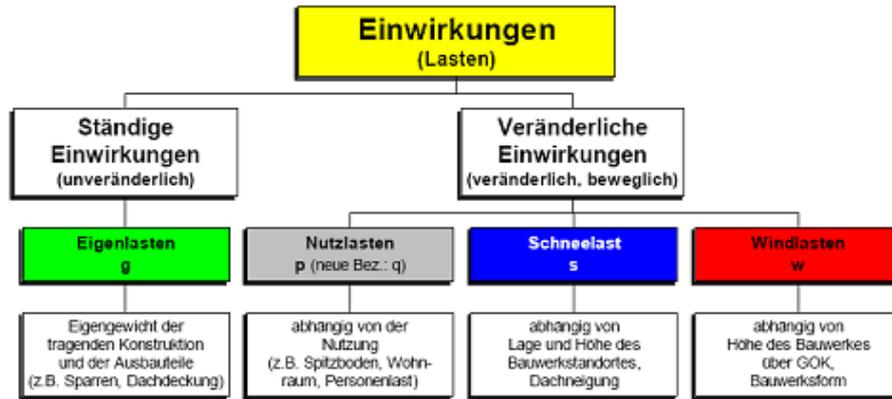


Abb. 31: Einwirkungen [14]

Tab. 12: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen im Grenzzustand der Tragf. [16][17]

Nachweiskriterium	Einwirkung	Symbol	Situationen P/T	A
Versagen des Tragwerks, eines seiner Teile oder der Gründung durch Bruch oder übermässige Verformung . $E_d \leq R_d$	Unabhängige ständige Einwirkungen:			
	ungünstig	$\gamma_{G,sup}$	1,35	1,00
	günstig	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00
	unabhängige veränderliche Einwirkungen ungünstig	γ_Q	1,50	1,00
	aussergewöhnliche Einwirkungen	γ_A	1,50	1,00

Dabei ist:

E_d der Bemessungswert der Beanspruchung,
wie z.B. Schnittgrösse, Spannung

R_d der Bemessungswert des Tragwiderstandes

Tab. 13: Kombinationsregeln für Einwirkungen in den Grenzzuständen der Tragf. [16][17]

Bemessungs-situation	Unabhängige ständige Einwirkungen G_d	Unabhängige veränderliche Einwirkungen Q_d		Aussergewöhnliche Einwirkung und Einwirkung infolge von Erdbeben
		vorherrschende	andere	
Ständig und Vorübergehend	$\gamma_G \cdot G_k$	$\gamma_Q \cdot Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \cdot \gamma_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	
Aussergewöhnlich	$\gamma_{GA} \cdot G_k$	$\gamma_{1,1} \cdot Q_{k,1}$	$\gamma_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	$\gamma_A \cdot A_k$ oder A_d
Erdbeben	G_k	$\gamma_{2,1} \cdot Q_{k,1}$	$\gamma_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	$\gamma_1 \cdot A_{Ed}$

G_k ständige Einwirkung

$Q_{k,1}$ vorherrschende veränderliche Einwirkung

$Q_{k,i}$ andere (d.h. nicht vorherrschende) veränderliche Einwirkung

A_d Bemessungswert einer aussergewöhnlichen Einwirkung

A_{Ed} Bemessungswert einer Einwirkung infolge von Erdbeben

γ_G Teilsicherheitsbeiwert einer ständigen Einwirkung G_k

$\gamma_{Q,1}$ Teilsicherheitsbeiwert für die vorherrschende veränderliche Einwirkung $Q_{k,1}$

$\gamma_{Q,i}$ Teilsicherheitsbeiwert für eine andere veränderliche Einwirkung $Q_{k,i}$

Ψ Kombinationsbeiwert

(Abminderungsbeiwert: $\Psi < 1$), der berücksichtigt, dass die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens aller veränderlichen Einwirkungen mit ihrer vollen Grösse geringer ist)

4.1.2 Symbolische Darstellung der Kombinationsregeln

Symbolisch lassen sich die o.a. Kombinationsregeln für den Nachweis in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit folgendermassen darstellen:

Ständige und vorübergehende Bemessungssituation:

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (1)$$

Aussergewöhnliche Bemessungssituation:

$$E_{dA} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} \oplus A_d \oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (2)$$

Bemessungssituation für Erdbeben:

$$E_{dAe} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus \gamma_1 \cdot A_{Ed} \oplus \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (3)$$

Tab. 14: Kombinationsbeiwerte Ψ_i [16][17]

Tabelle A.1.1 — Empfehlungen für Zahlenwerte für Kombinationsbeiwerte im Hochbau

Einwirkung	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten im Hochbau (siehe EN 1991-1-1)			
Kategorie A: Wohngebäude	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: Bürogebäude	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: Versammlungsbereiche	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: Verkaufsflächen	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: Lagerflächen	1,0	0,9	0,8
Fahrzeugverkehr im Hochbau Kategorie F: Fahrzeuggewicht ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: 30kN < Fahrzeuggewicht ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategorie H : Dächer	0	0	0
Schneelasten im Hochbau (siehe EN 1991-1-3) ^a			
— Finnland, Island, Norwegen, Schweden	0,7	0,5	0,2
— Für Orte in CEN-Mitgliedsstaaten mit einer Höhe über 1000 m ü. NN	0,7	0,5	0,2
— Für Orte in CEN-Mitgliedsstaaten mit einer Höhe niedriger als 1000 m ü. NN	0,5	0,2	0
Windlasten im Hochbau (siehe EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperaturanwendungen (ohne Brand) im Hochbau, siehe EN 1991-1-5	0,6	0,5	0
ANMERKUNG Die Festlegung der Kombinationsbeiwerte erfolgt im Nationalen Anhang.			
^a Bei nicht ausdrücklich genannten Ländern sollten die maßgebenden örtlichen Bedingungen betrachtet werden.			

Ψ_0 wird benötigt für Nachweise in den Grenzzuständen
der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit

Ψ_2 wird benötigt für Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

Ψ_1 wird im Holzbau nicht benötigt!

4.1.3 Einfluss der Lasteinwirkungsdauer

Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen sind abhängig von der Dauer der Lasteinwirkung.

Holz und Holzwerkstoffe besitzen eine höhere Festigkeit und Steifigkeit bei kurzer Lasteinwirkungsdauer.

Dagegen sind Festigkeit und Steifigkeit bei lang andauernder Belastung geringer.

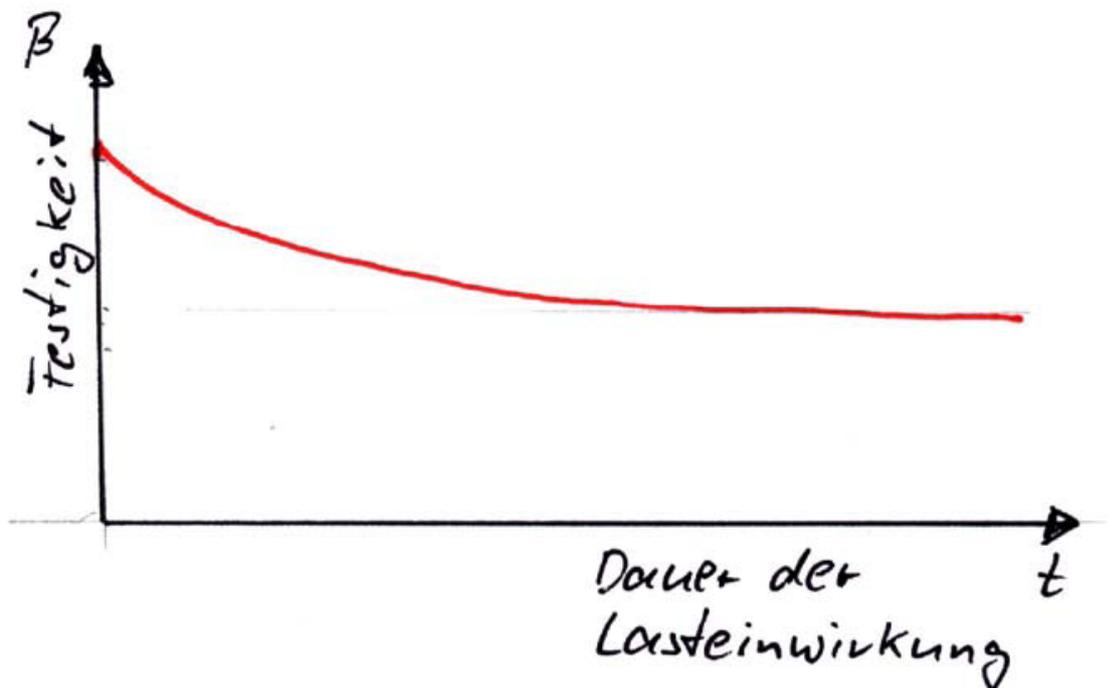


Abb. 32: Festigkeit in Abhängigkeit von der Lasteinwirkungsdauer [14]

Dieses Verhalten von Holz und Holzwerkstoffen wird berücksichtigt, indem alle Einwirkungen in Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) eingeteilt werden. Die KLED bestimmt den Modifikationsbeiwert k_{mod} .

4.1.4 Klassen der Lasteinwirkungsdauer

Tab. 15: Klassen der Lasteinwirkungsdauer nach Eurocode 5 [15] [18]

Tabelle 2.1 — Klassen der Lasteinwirkungsdauer

Klasse der Lasteinwirkungsdauer	Größenordnung der akkumulierten Dauer der charakteristischen Lasteinwirkung
ständig	länger als 10 Jahre
lang	6 Monate – 10 Jahre
mittel	1 Woche – 6 Monate
kurz	kürzer als eine Woche
sehr kurz	

Tabelle 2.2 — Beispiele für die Zuordnung zu Klassen der Lasteinwirkungsdauer

Klasse der Lasteinwirkungsdauer	Beispiele für die Lasteinwirkung
ständig	Eigengewicht
lang	Lagerstoffe
mittel	Verkehrslasten, Schnee
kurz	Schnee, Wind
sehr kurz	Wind und außergewöhnliche Einwirkungen

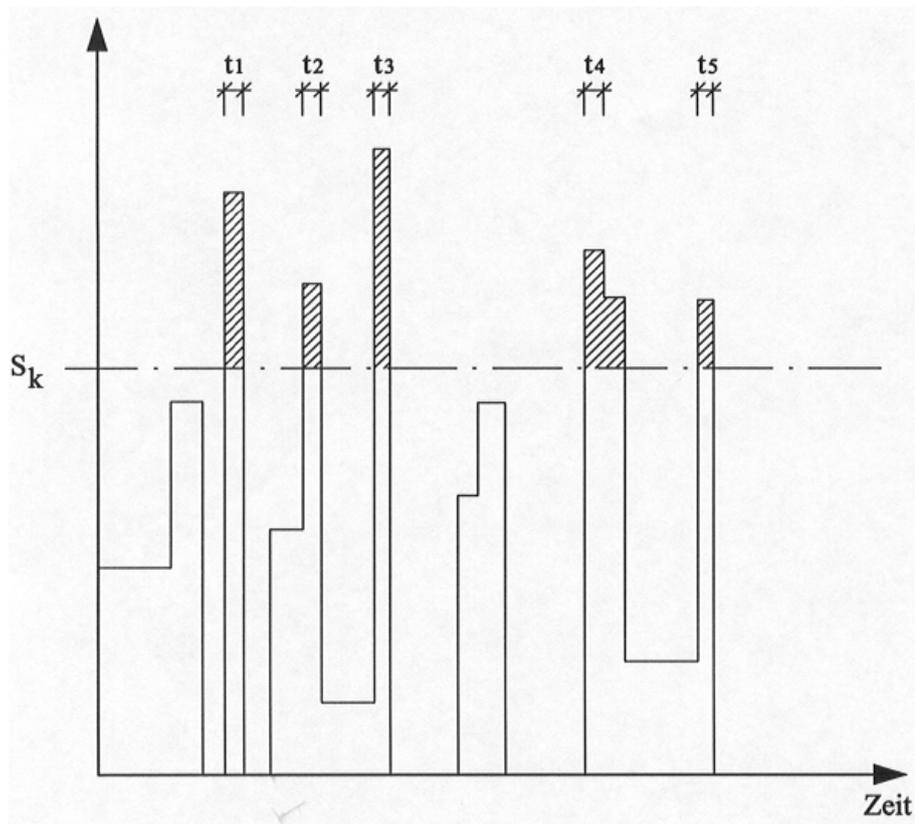


Abb. 33: Einwirkungen in Abhängigkeit von der Zeitdauer [14]

Die angegebenen Werte der Zeitdauer (z.B. KLED ständig = länger als 10 Jahre) entsprechen nicht dem tatsächlichen Zeitraum, über den die Einwirkungen wirken. Sie sind die Summe der Zeiten, mit der die Einwirkungen mit ihren vollen charakteristischen Werten auftreten.

$$\text{Lasteinwirkungsdauer} = \sum t_i$$

4.1.5 Auftreten mehrerer Einwirkungen mit unterschiedlicher KLED

Treten mehrere Einwirkungen mit unterschiedlichen Klassen der Lasteinwirkungsdauer auf, dann gilt als gemeinsame Klasse diejenige mit der kürzesten Dauer!

In der Regel sind mehrere Einwirkungen vorhanden (z.B. Eigenlast, Schnee, Wind bei einer Dachkonstruktion).

Beim Nachweis der Tragfähigkeit müssen alle möglichen Kombinationen untersucht werden, da die Klasse der Lasteinwirkungsdauer den Bemessungswert der Festigkeit bestimmt (kurze KLED = höherer Bemessungswert der Festigkeit; ständige KLED = niedrigerer Bemessungswert der Festigkeit).

4.1.6 Einfluss der Holzfeuchte

Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen sind abhängig vom Feuchtegehalt (Holzfeuchte).

Mit zunehmender Holzfeuchte sinken Festigkeit und Steifigkeit.

Das bedeutet:

Trockenes Holz → Höhere Festigkeit/Steifigkeit

Feuchtes Holz: → Geringere Festigkeit/Steifigkeit

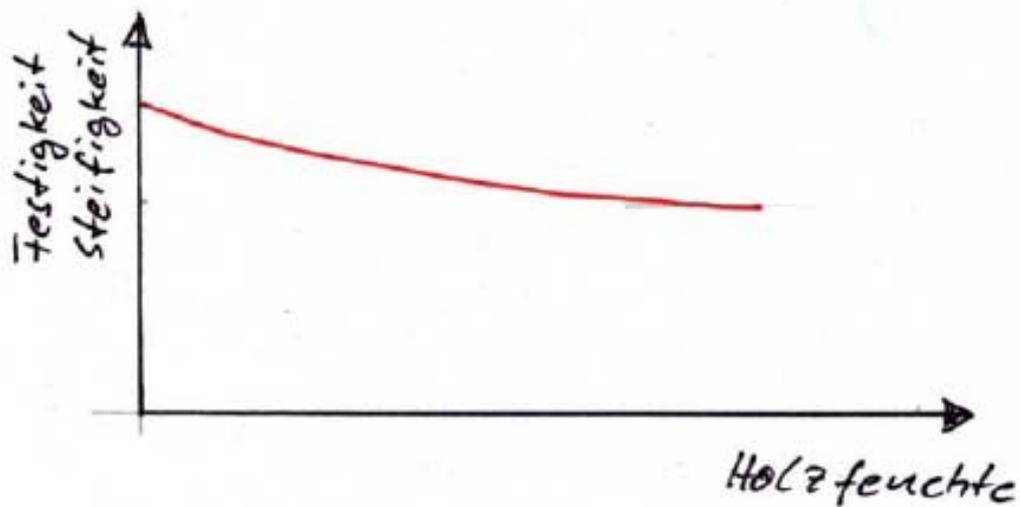


Abb. 34: Festigkeit in Abhängigkeit von der Holzfeuchte [14]

Der Einfluss der Holzfeuchte auf Festigkeiten und Steifigkeiten wird berücksichtigt, indem Holzbauwerke in so genannte Nutzungsklassen (NKL) eingeteilt werden. Die NKL bestimmt den Modifikationsbeiwert k_{mod} .

4.1.7 Nutzungsklassen (NKL)

Holzbauwerke werden wegen der physikalischen Eigenschaften der Holzbaustoffe (z.B. Quellen und Schwinden) bestimmten Nutzungsklassen (NKL) zugewiesen, die die klimatischen Verhältnisse der Umgebung des Bauwerkes während seiner Nutzungsdauer kennzeichnen.

Das System der Nutzungsklassen ist zur Zuordnung von Festigkeitswerten und zur Berechnung von Verformungen unter festgelegten Umweltbedingungen notwendig.

Vereinfachend werden die folgenden drei Nutzungsklassen festgelegt:

- Nutzungsklasse 1

ist gekennzeichnet durch eine Holzfeuchte, die 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, z.B. in allseitig geschlossenen und beheizten Bauwerken.

- Nutzungsklasse 2

ist gekennzeichnet durch eine Holzfeuchte, die 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, z.B. bei überdachten offenen Bauwerken.

- Nutzungsklasse 3

erfasst Klimabedingungen, die zu höheren Holzfeuchten führen als in Nutzungsklasse 2 angegeben, z. B. für Konstruktionen, die der Witterung ausgesetzt sind.

4.1.8 Zusammenhang zwischen Nutzungsklassen und Holzfeuchte

Tab. 16: Zusammenhang zwischen Nutzungsklassen und Holzfeuchte [15] [18]

Tab. F.3 [15]

Nutzungsklasse	1	2	3
Holzfeuchte	5 bis 15 % a)	10 bis 20 % b)	12 bis 24 %
a) In den meisten Nadelhölzern wird in der Nutzungsklasse 1 eine mittlere Ausgleichsfeuchte von 12 % nicht überschritten. b) In den meisten Nadelhölzern wird in der Nutzungsklasse 2 eine mittlere Ausgleichsfeuchte von 20 % nicht überschritten.			

4.1.9 Modifikationsbeiwerte k_{mod}

Tab. 17: Modifikationsbeiwerte k_{mod} [15] [18]

Tabelle 3.1 [15]

	1	2			3	4	
1	Baustoff und Klasse der Lasteinwirkungsdauer	Nutzungs-kategorie			Baustoff und Klasse der Lasteinwirkungsdauer	Nutzungs-kategorie	
2		1	2	3		1	2
3	Vollholz Brettschichtholz Balkenschichtholz Furnierschichtholz Brettsperrholz Sperrholz				Kunstharzgebundene Spanplatten Zementgebundene Spanplatten Faserplatten (Typ HB.HLA2 DIN EN 622-2:1997-08)		
4	ständig	0,60	0,60	0,50	ständig	0,30	0,20
5	lang	0,70	0,70	0,55	lang	0,45	0,30
6	mittel	0,80	0,80	0,65	mittel	0,65	0,45
7	kurz	0,90	0,90	0,70	kurz	0,85	0,60
8	sehr kurz	1,10	1,10	0,90	sehr kurz	1,10	0,80
9	OSB-Platten (Typen OSB/2 ^a , OSB/3 und OSB/4 DIN EN 300:1997-06)				Faserplatten ^a (Typ MBH.LA2 DIN EN 622-3:1997-08) Gipskartonplatten (Typen GKB ^a , GKF ^a , GKBI und GKFI DIN 18180)		
10	ständig	0,40	0,30	-	ständig	0,20	0,15
11	lang	0,50	0,40	-	lang	0,40	0,30
12	mittel	0,70	0,55	-	mittel	0,60	0,45
13	kurz	0,90	0,70	-	kurz	0,80	0,60
14	sehr kurz	1,10	0,90	-	sehr kurz	1,10	0,80
a Nur Nutzungs-kategorie 1							

4.1.10 Tragwiderstand (Baustoffeigenschaften)

Die Baustoffeigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen (Festigkeit, Steifigkeit, Rohdichte) sind keine konstanten Werte, sondern unterliegen mehr oder weniger grossen Streuungen.

Festigkeits-, Steifigkeitskennwerte und Rohdichte folgen einer statistischen Verteilung:

- Verwendet werden der 5%-Quantilwert X_{05} (Wert wird nur in 5% aller Fälle unterschritten) und der Mittelwert X_{mean} (Wert wird im Mittel von allen Prüfkörpern erreicht, d.h. Wert wird in 50% aller Fälle unter- bzw. überschritten).

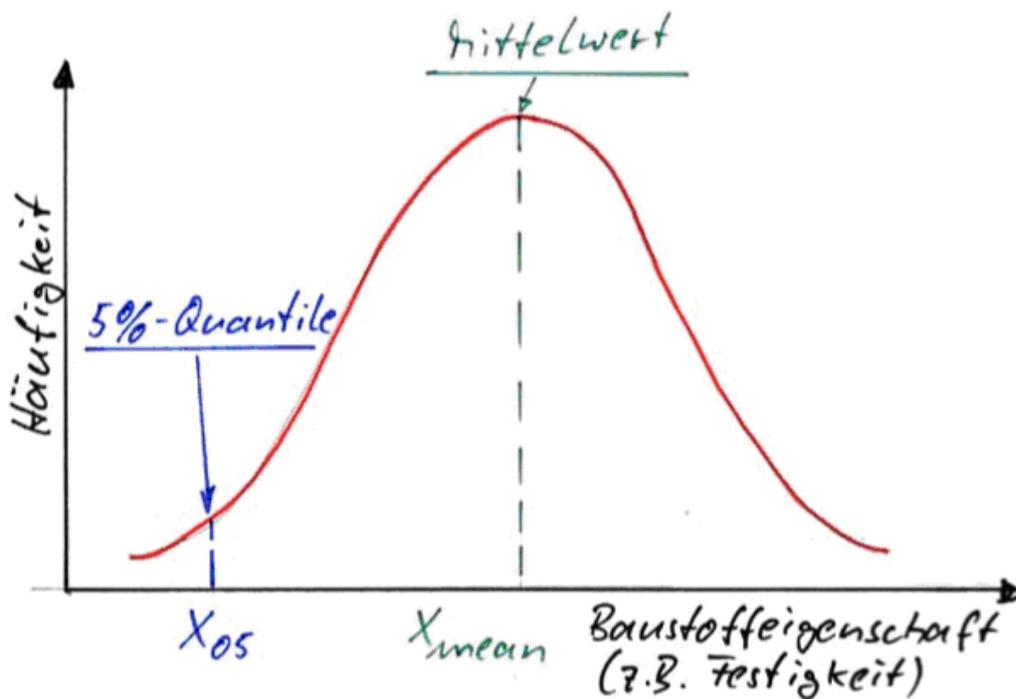


Abb. 35: Baustoffeigenschaften statistische Verteilung [14]

4.1.11 Charakteristische Werte X_k der Baustoffeigenschaften

Die Baustoffeigenschaften werden durch einen charakteristischen Wert X_k angegeben, der einem Quantilwert in einer angenommenen statistischen Verteilung entspricht:

- Festigkeiten und Rohdichte: 5%-Quantilwert
- Steifigkeiten: 5%-Quantilwert oder Mittelwert

(z.B. $E_{0,05}$ = E-Modul als 5%-Quantilwert, $E_{0,mean}$ = E-Modul als Mittelwert)

Die charakteristischen Werte für die Baustoffeigenschaften enthalten (wie die charakteristischen Werte der Einwirkungen) noch keinen Sicherheitsbeiwert.

Das bedeutet, dass diese Werte auch tatsächlich unterschritten werden können! (Beispiel: der charakteristische Wert der Zugfestigkeit parallel zur Faser $f_{t,0,k}$ ist ein 5%-Quantilwert und wird statistisch gesehen in 5% aller Fälle unterschritten.

Kennzeichnung:

Charakteristische Werte der Festigkeiten und der Rohdichte werden durch den Index k gekennzeichnet (Beispiel: $f_{m,k}$ = charakteristischer Wert der Biegefestigkeit).

4.1.12 Charakteristische Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwert

Tab. 18: Bsp.: Charakteristische Kennwerte für BSH [15] [18]

Tab. F. 9 [15]

Festigkeits- klasse		GL24h (BS11h)	GL24c (BS11k)	GL28h (BS14h)	GL28c (BS14k)	GL32h (BS16h)	GL32c (BS16k)	GL36h (BS18h)	GL36c (BS18k)
Biegung	$f_{m,k}$	24	24	28	28	32	32	36	36
Zug parallel	$f_{t,0,k}$	16,5	14	19,5	16,5	22,5	19,5	26	22,5
Zug rechtwinklig	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Druck parallel	$f_{c,0,k}$	24	21	26,5	24	29	26,5	31	29
Druck Rechtwinklig	$f_{c,90,k}$	2,7	2,4	3,0	2,7	3,3	3,0	3,6	3,3
Schub und Torsion	$f_{v,k}$	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Rollschub	$f_{R,k}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Elastizitätsmodul Parallel	$E_{0,mean}$	11600	11600	12600	12600	13700	13700	14700	14700

Elastizitätsmodul $E_{90,mean}$	390	320	420	390	460	420	490	460
Schubmodul G_{mean}	720	590	780	720	850	780	910	850
Rohdichte ρ_k	380	350	410	380	430	410	450	430
Charakteristische Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} :								
$E_{0,05} = 5/6 * E_{0,mean}$ $E_{90,05} = 5/6 * E_{90,mean}$ $G_{05} = 5/6 * G_{mean}$								

4.1.13 Bemessungswert einer Festigkeit

Damit gegenüber dem charakteristischen Wert einer Festigkeit ein „Sicherheitsabstand“ gewährleistet wird, werden die charakteristischen Werte der Festigkeiten X_k durch einen Teilsicherheitsbeiwert γ_M dividiert.

Der Einfluss von Holzfeuchte (Nutzungsklasse NKL) und Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED) auf die Festigkeit wird durch den Modifikationsbeiwert k_{mod} berücksichtigt.

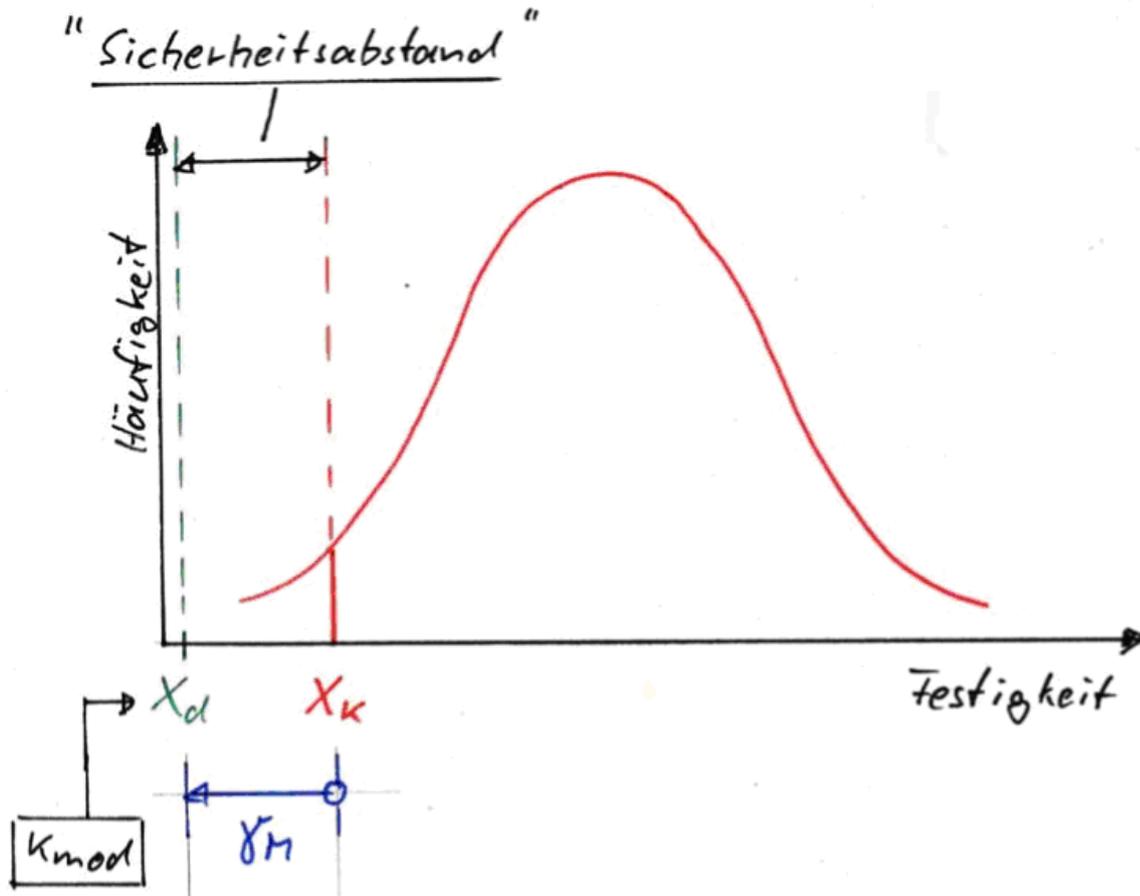


Abb. 36: Bemessungswert einer Festigkeit [14]

4.1.14 Berechnung des Bemessungswertes einer Festigkeit

Der Bemessungswert einer Festigkeit ergibt sich zu:

$$X_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot X_k}{\gamma_M} \quad (4)$$

k_{mod} Modifikationsbeiwert, der den Einfluss von Nutzungsklasse (NKL) und Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED) auf die Festigkeit berücksichtigt
 γ_M Teilsicherheitsbeiwert für die Festigkeitseigenschaft.

X_k Charakteristischer Wert der Festigkeit (z.B. $f_{m,k}$ = charakteristischer Wert der Biegefestigkeit)

Tab. 19: Teilsicherheitsbeiwerte für Festigkeitseigenschaften γ_M [15] [18]

Tab.1

	1	2
1	Baustoff	γ_M
2	Holz und Holzwerkstoffe	1,3
3	Stahl in Verbindungen	
	- auf Biegung beanspruchte stiftförmige Verbindungs mittel	1,1
	- auf Zug oder Scheren beanspruchte Teile beim Nachweis gegen die Streckgrenze im Nettoquerschnitt	1,25
	- Plattennachweis auf Tragfähigkeit für Nagelplatten	1,25

Für aussergewöhnliche Bemessungssituationen sind die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M zu 1,0 anzusetzen.

4.1.15 Schematischer Rechenablauf beim Nachweis in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

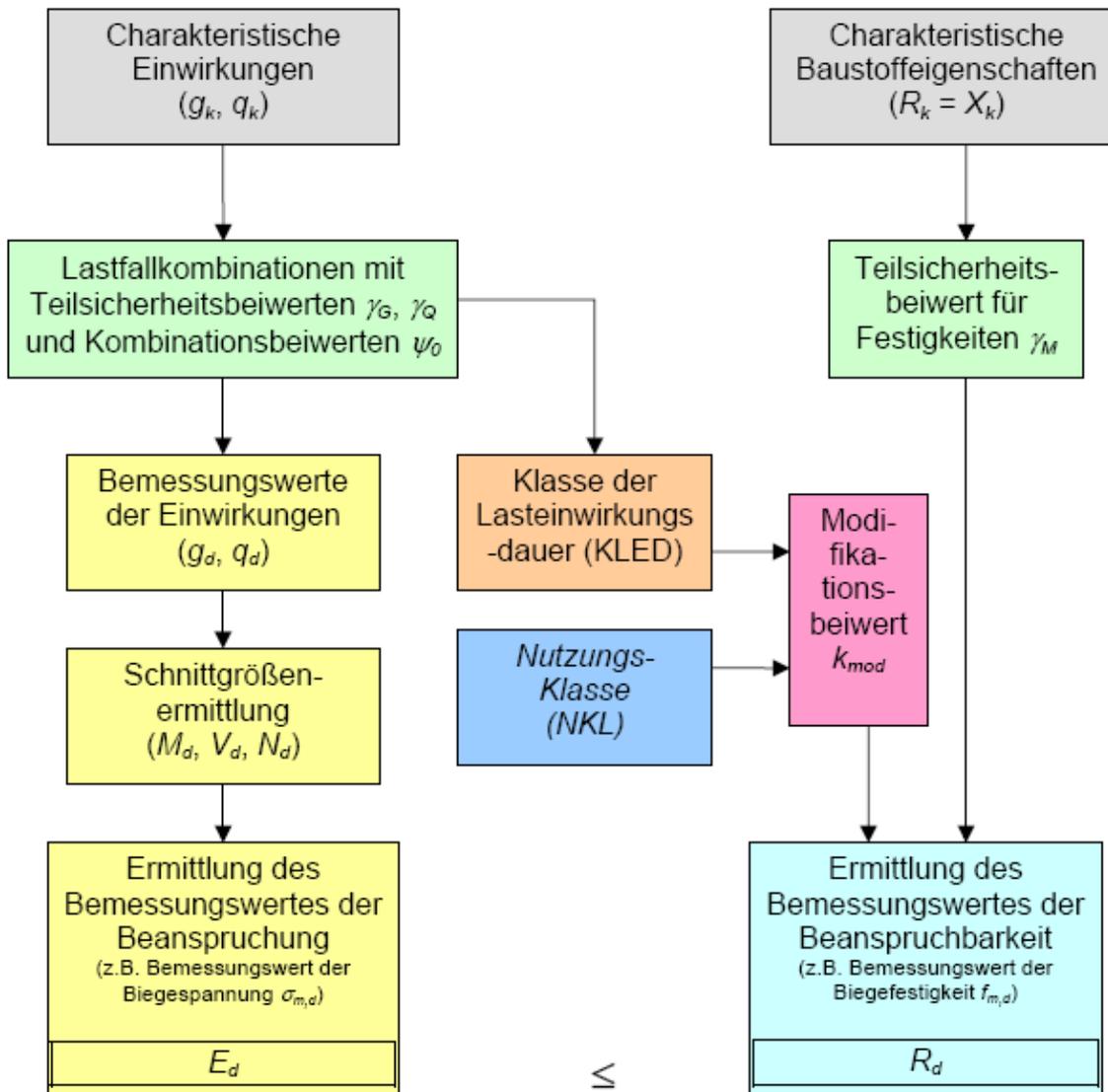


Abb. 37: Rechenablauf für den Tragfähigkeitsnachweis [14]

4.2 Nachweis in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

Es muss nachgewiesen werden, dass

$$E_d \leq C_d \quad (5)$$

ist.

Dabei ist:

E_d der Bemessungswert der Beanspruchung (z.B. Verformung, Durchbiegung, Schwingung)

C_d der Bemessungswert des Gebrauchstauglichkeitskriteriums (z.B. maximale Verformung, Durchbiegung, ertragbare Schwingung)

4.2.1 Bemessungssituationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Es werden folgende Bemessungssituationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit unterschieden:

- Seltene (charakteristische) Situationen mit nicht umkehrbaren (bleibenden) Auswirkungen auf das Tragwerk
- Häufige Situationen mit umkehrbaren (nicht bleibenden) Auswirkungen auf das Tragwerk
- Quasi-ständige Situationen mit Langzeitauswirkungen auf das Tragwerk

Beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit von Holzbauwerken sind nur seltene und quasi-ständige Bemessungssituationen zu berücksichtigen.

Häufige Situationen kommen nicht vor, d.h. hierfür ist auch kein Nachweis erforderlich.

4.2.2 Kombinationsregeln für Einwirkungen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

Tab. 20: Kombinationsregeln: Gebrauchstauglichkeit [16] [17]
Tab.3 [16]

Bemessungs- situation	Unabhängige ständige Einwirkungen G_d	Unabhängige veränderliche Einwirkungen Q_d	
		vorherrschende	andere
Selten (charakteristisch)	G_k	$Q_{k,1}$	$\Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$
Häufig	G_k	$\Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$
Quasi-ständig	G_k	$\Psi_{2,1} \cdot Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

Dabei ist:

G_k ständige Einwirkung

$Q_{k,1}$ vorherrschende veränderliche Einwirkung

$Q_{k,i}$ andere (d.h. nicht vorherrschende) veränderliche Einwirkung

Ψ Kombinationsbeiwert

(Abminderungsbeiwert ($\Psi < 1$), der berücksichtigt, dass die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens aller veränderlichen Einwirkungen mit ihrer vollen Grösse geringer ist)

Hinweis:

Für die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit werden die charakteristischen Werte der Einwirkungen angesetzt, d.h. die Teilsicherheitsbeiwerte sind gleich Eins ($\gamma = 1,0$).

4.2.3 Symbolische Darstellung der Kombinationsregeln

Seltene (charakteristische) Bemessungssituation:

$$E_{d,rare} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (6)$$

Häufige Bemessungssituation:

$$E_{d, frequ} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (7)$$

Quasi-ständige Bemessungssituation:

$$E_{d, perm} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\} \quad (8)$$

4.2.4 Kombinationsbeiwerte Ψ

Tab. 21: Kombinationsbeiwerte Ψ [17]

Tabelle A.1.1 — Empfehlungen für Zahlenwerte für Kombinationsbeiwerte im Hochbau

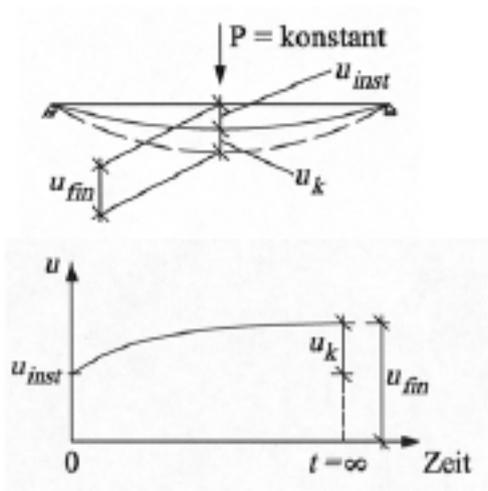
Einwirkung	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Nutzlasten im Hochbau (siehe EN 1991-1-1)			
Kategorie A: Wohngebäude	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: Bürogebäude	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: Versammlungsbereiche	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: Verkaufsflächen	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: Lagerflächen	1,0	0,9	0,8
Fahrzeugverkehr im Hochbau Kategorie F: Fahrzeuggewicht $\leq 30\text{kN}$	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: 30kN < Fahrzeuggewicht $\leq 160\text{kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: Dächer	0	0	0
Schneelasten im Hochbau (siehe EN 1991-1-3) ^a			
— Finnland, Island, Norwegen, Schweden	0,7	0,5	0,2
— Für Orte in CEN-Mitgliedsstaaten mit einer Höhe über 1000 m ü. NN	0,7	0,5	0,2
— Für Orte in CEN-Mitgliedsstaaten mit einer Höhe niedriger als 1000 m ü. NN	0,5	0,2	0
Windlasten im Hochbau (siehe EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperaturanwendungen (ohne Brand) im Hochbau, siehe EN 1991-1-5	0,6	0,5	0
ANMERKUNG Die Festlegung der Kombinationsbeiwerte erfolgt im Nationalen Anhang.			
^a Bei nicht ausdrücklich genannten Ländern sollten die maßgebenden örtlichen Bedingungen betrachtet werden.			

- Ψ_0 wird benötigt für Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit
- Ψ_2 wird benötigt für Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit
- Ψ_1 wird im Holzbau nicht benötigt!

4.2.5 Einfluss des Kriechens

Kriechen: Zeitabhängige Zunahme der Verformungen und Durchbiegungen bei konstant bleibender Belastung.

Holz und Holzwerkstoffe besitzen ein ausgeprägtes Kriechverhalten, d.h. auch ohne Laststeigerung nehmen Verformungen und Durchbiegungen mit der Zeit zu.



Beispiel: Einfeldträger mit Einzellast

Verformungen (Durchbiegung) beim Aufbringen der Einzellast: Anfangsverformung w_{inst} (elastischer Anteil)

Verformung, die sich im Laufe der Zeit zusätzlich zur Anfangsverformung einstellt: Kriechverformung w_k (zeitabhängiger Anteil)

Gesamtverformung zum Zeitpunkt $t = f$

$u = w =$ Verformung, Durchbiegung

Abb. 38: Einfeldträger mit Einzellast [14]

Kriechverformungen nehmen mit steigender Holzfeuchte zu, d.h. die Kriechverformungen sind bei feuchtem Holz grösser als bei trockenem Holz.

Der Einfluss des Kriechens wird durch einen so genannten Verformungsbeiwert k_{def} berücksichtigt.

4.2.6 Verformungsbeiwerte k_{def}

Tab. 22: Verformungsbeiwerte k_{def} [15] [18]
Tab. F2 [15] Tab. 3.2 [18]

	1	2			3	4		
1	Baustoff	Nutzungs-klasse			Baustoff	Nutzungs-klasse		
		1	2	3		1	2	3
2	Vollholz ^a Brettschichtholz Furnierschichtholz ^b Balkenschichtholz Brettsperrholz	0,60	0,80	2,00	kunstharzgebundene Spanplatten ^d zementgebundene Spanplatten Faserplatten ^d (Typ HB.HLA2 DIN EN 622-2:1997-	2,25	3,00	4,00
3	Sperrholz Furnierschichtholz ^c	0,80	1,00	2,50	Faserplatten (Typ MBH.LA2 DIN EN 622-3:1997-	3,00	4,00	-
4	OSB-Platten	1,50	2,25	-	08)			
<p>^a Die Werte für k_{def} für Vollholz, dessen Feuchte beim Einbau im Fasersättigungsbereich oder darüber liegt und im eingebauten Zustand austrocknen kann, sind um 1,0 zu erhöhen.</p> <p>^b Mit allen Furnieren faserparallel.</p> <p>^c Mit Quernurnieren.</p> <p>^d Nicht in der Nutzungs-klasse 3 zugelassen.</p>								

4.2.7 Kriechverformungen (Endverformung $w_{G,fin}$)

Endverformung $w_{G,fin}$ infolge der ständigen Einwirkungen:

$$w_{G,fin} = w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def}) \quad (9)$$

Dabei ist:

$w_{G,inst}$ elastische Anfangsverformung

k_{def} Verformungsbeiwert

4.2.8 Kriechverformungen (Endverformung $w_{Q,fin}$)

Endverformung $w_{Q,fin}$ infolge der veränderlichen Einwirkungen:

4.2.8.1 Für seltene (charakteristische) Bemessungssituationen:

vorherrschende veränderliche Einwirkung:

$$w_{Q,1,fin} = w_{Q,1,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \quad (10)$$

weitere veränderliche Einwirkungen:

$$w_{Q,i,fin} = w_{Q,i,inst} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) \quad (11)$$

Dabei ist:

$w_{Q,1,inst}$ elastische Anfangsverformung der vorherrschenden veränderlichen Einwirkung

$w_{Q,i,inst}$ elastische Anfangsverformung der weiteren veränderlichen Einwirkungen

k_{def} Verformungsbeiwert

Ψ Kombinationsbeiwert

4.2.9 Schematischer Rechenablauf beim Nachweis in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

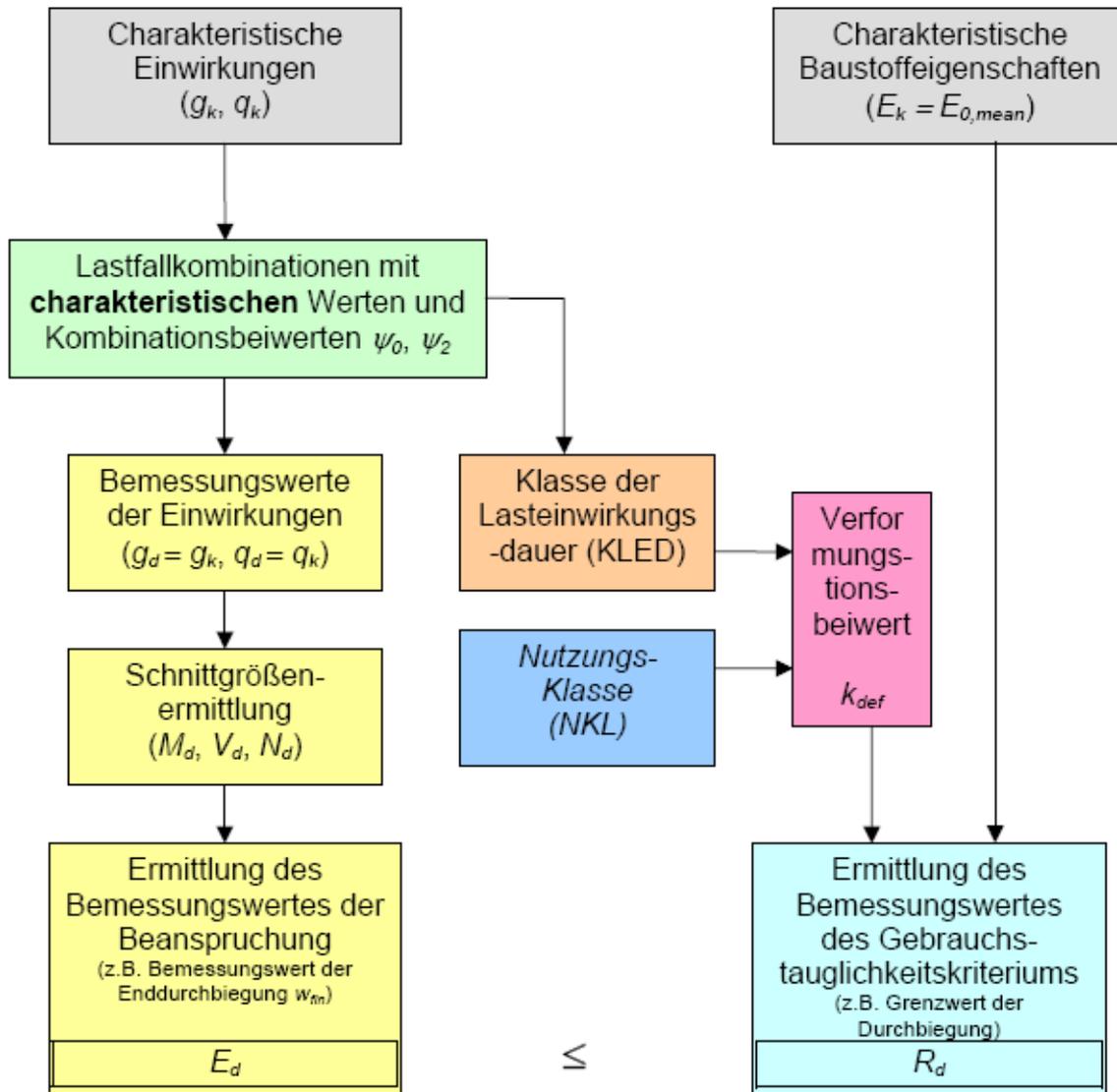


Abb. 39: Rechenablauf für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis [14]

5 Ein einfaches Rechenbeispiel

5.1 Statisches System und Querschnittsabmessungen

Ständige Last: $g_k = 3,0 \text{ kN/m}$,

Klasse der Einwirkungsdauer: KLED=ständig

Nutzlast: $q_k = 2,0 \text{ kN/m}$

Klasse der Einwirkungsdauer: KLED = mittel

Kategorie A Wohngebäude: $\Psi_2 = 0,3$ ($\Psi_0 = 0,7$ wird erst bei mehreren veränderlichen Lasten für Lastfallkombinationen gebraucht)

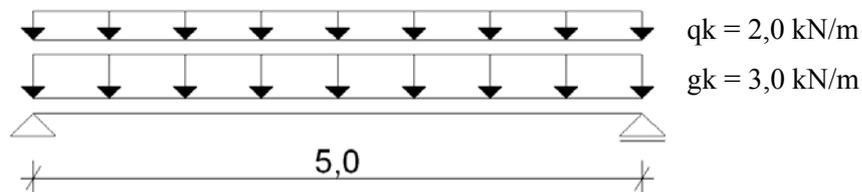
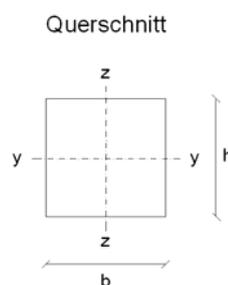


Abb. 40: Einfeldträger

Nutzungsklasse: NKL = 1 (beheizte Innenräume)

Tab. 23: Querschnittswerte

Querschnittswerte:		
b =	12	cm
h =	22	cm
A =	264	cm ²
W _y =	968	cm ³
I _y =	10648	cm ⁴



Gewählt: Baustoff D70 (Laubholz)

Tab. 24: Charakteristische Baustoffeigenschaften: Ausschnitt aus Tab. F9 [15] [18]

char. Baustoffeigenschaften:		
Baustoff:	D70	
$E_{0,mean}$	20000	N/mm ²
G_{mean}	1250	N/mm ²
$E_{0,05}$	16667	N/mm ²
G_{05}	1042	N/mm ²
$f_{m,k}$	70	N/mm ²
$f_{v,k}$	6	N/mm ²
$f_{c,90,k}$	13,5	N/mm ²

5.2 Nachweis der Tragsicherheit

Lastfallkombinationen:

$$\text{LFK1: } \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 3,00 = 4,05 \text{ kN/m}$$

massgebende KLED = ständig

$$\text{LFK1/ } k_{mod} = 4,05/0,6 = 6,75 \text{ kN/m}$$

$$\text{LFK2: } \gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k = 1,35 \cdot 3,00 + 1,5 \cdot 2,00 = 7,05 \text{ kN/m}$$

massgebende KLED = mittel

$$\text{LFK2/ } k_{mod} = 7,05/0,8 = 8,81 \text{ kN/m} \rightarrow \text{massgebende Lastfallkombination}$$

Bei verschiedenen KLED in einer Lastfallkombination ist immer die kleinste zu wählen!

k_{mod} hängt von der NKL und von der KLED und ergibt sich aus der Tabelle:

Tab. 25: k_{mod} - Werte für Vollholz, Brettschichtholz; aus Tabelle 3.1 [15]

KLED	NKL		
	1	2	3
ständig	0,60	0,60	0,50
lang	0,70	0,70	0,55
mittel	0,80	0,80	0,65
kurz	0,90	0,90	0,70
sehr kurz	1,10	1,10	0,90

Schnittgrössenermittlung:

max $M_d =$	22,03	kNm
max $V_d =$	17,63	kN

Nachweis der Biegespannungen:

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_y = 22,8 \text{ N/mm}^2 \quad (22,03/968 * 1000)$$

$$f_{m,d} = k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M = 43,1 \text{ N/mm}^2 \quad (0,8 * 70 / 1,3)$$

$$\text{Bedingung: } \sigma_{m,d} / f_{m,d} = 0,53 \leq 1 \rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

Nachweis der Schubspannungen:

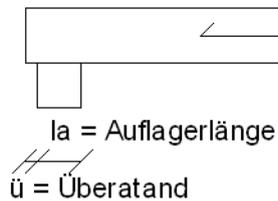
$$\tau_d = 1,5 * V_d / A = 1,0 \text{ N/mm}^2 \quad (1,5 * 17,63 / 264 * 10)$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M = 3,7 \text{ N/mm}^2 \quad (0,8 * 6 / 1,3)$$

$$\text{Bedingung: } \tau_d / f_{v,d} = 0,27 \leq 1 \rightarrow \text{Nachweis erfüllt}$$

Auflagerlänge:

la =	120	mm
Überstand:		
ü =	0	mm

**Nachweis der Auflagerpressung:****wirksame Querdruclfläche:**

Aef =	180,00	cm ²
-------	--------	-----------------

$$\text{Querdruclspannung: } \sigma_{c,90,d} = V_d / Aef = 1,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Querdruclfestigkeit: } f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / \gamma_M = 8,3 \text{ N/mm}^2$$

Querdruclbeiwert:

k _{c,90} =	1	(für Vollholz aus Laubholz)
---------------------	---	-----------------------------

$$\text{Bedingung: } \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} * f_{c,90,d}) = 0,12 \leq 1 \text{ Nachweis erfüllt}$$

Querdruckfläche:

$$A_{ef} = b \cdot (l_A + 2 \cdot 30 \text{ mm}) \leq 3 \cdot l \cdot b \quad \text{für } \ddot{u} \geq 30 \text{ mm}$$

$$A_{ef} = b \cdot (l_A + 30 \text{ mm} + \ddot{u}) \leq 3 \cdot l \cdot b \quad \text{für } \ddot{u} < 30 \text{ mm}$$

Querdruckbeiwert $k_{c,90}$, für $l \geq 2 \cdot h$ (bei Einfeldträgern):

für $l_a \leq 400 \text{ mm}$

Vollholz aus Laubholz = 1,0

Vollholz aus Nadelholz = 1,5

Brettschichtholz = 1,75

sonst = 1

(eine Ausnahme gibt es bei BSH aus NH: für $l_a > 400 \text{ mm}$ darf mit $l_a = 400 \text{ mm}$ und $k_{c,90} = 1,75$ gerechnet werden)

Nachweis gegen Kippen: (Gabellagerung)

Kippschlankheitsgrad	
$\lambda_{rel,m} =$	0,64

Kippbeiwert:	
$k_m =$	1

Bedingung: $\sigma_{m,d} / k_m \cdot f_{m,d} = 0,53 \leq 1 \rightarrow$ Nachweis erfüllt

Mit:

$$l_{ef} = \frac{l}{a_1 \cdot \left[1 - a_2 \cdot \frac{a_z}{l} \cdot \sqrt{\frac{E_{0,mean} \cdot I}{G_{mean} \cdot It}} \right]}$$

$a_1 = 1,13$
 $a_2 = 1,44$
 $a_z = h/2$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot G_{0,5}}}} \cdot \sqrt{\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2}}$$

Kippbeiwert k_m :

$$\lambda_{rel,m} \leq 0,75 \rightarrow k_m = 1$$

$$\lambda_{rel,m} \leq 1,4 \rightarrow k_m = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m}$$

$$\lambda_{rel,m} \geq 1,4 \rightarrow k_m = 1 / \lambda_{rel,m}^2$$

5.3 Gebrauchstauglichkeitsnachweis

5.3.1 Nachweise der Durchbiegung für die seltene Bemessungssituation

Ziel: Beschränkung der Durchbiegung soll Schäden an Trennwänden und Bekleidungen verhindern.

1. Nachweis: Nachweis der elastischen Anfangsdurchbiegung infolge der vorherrschenden veränderlichen Einwirkung

Bedingung: $w_{Q,1,inst} \leq l / 300$	7,6	\leq	16,7	mm
--	-----	--------	------	----

→ Nachweis erfüllt

Mit : $w_{Q,1,inst} = 5 * q_k * l^4 / 384 * E_{0,mean} * I$

$$w_{Q,1,inst} = 5 * 2,00 * 5,00^4 / 384 * 20000 * 10648 * 10^8 = 7,6 \text{ mm}$$

$$l / 300 = 5 / 300 = 16,7 \text{ mm}$$

Index "inst" = engl. Sofort: Durchbiegung, die sich sofort nach aufbringen der Last einstellt.

2. Nachweis: Nachweis der Enddurchbiegung

(Aus ständigen und veränderlichen Einwirkungen einschliesslich der Anteile aus kriechen. Index „fin“ = engl. endgültig)

$$w_{fin} - w_{G,inst} \leq l / 200$$

mit: $w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,fin}$... Enddurchbiegung

$w_{G,inst}$ El. Anfangsdurchbiegung der ständigen Einwirkung

$$w_{G,inst} = 5 * g_k * l^4 / 384 * E_{0,mean} * I$$

$$w_{G,inst} = 5 * 3,00 * 5,00^4 / 384 * 20000 * 10648 * 10^8 = 11,5 \text{ mm}$$

$$w_{G,fin} = w_{G,inst} * (1 + k_{def})$$

$$w_{G,fin} = 11,5 * (1 + 0,6) = 18,3 \text{ mm}$$

Tab. 26: k_{def} - Werte für Vollholz, Brettschichtholz Tab. F2 [15] Tab. 3.2 [18]

	NKL		
	1	2	3
Für Vollholz und Brettschichtholz	0,60	0,80	2,00

$w_{Q,fin}$ ist die Summe einer vorherrschenden und weiterer Einwirkungen.

(wird durch Lastfallkombinationen ermittelt)

$$w_{Q,fin} = w_{Q,1,fin} + w_{Q,i,fin}$$

$w_{Q,1,fin} = w_{Q,1,inst} * (1 + \Psi_{2,1} * k_{def})$... vorherrschende veränderliche Einwirkung

$w_{Q,i,fin} = w_{Q,i,inst} * (\Psi_{0,i} + \Psi_{2,1} * k_{def})$... weitere veränderliche Einwirkungen

In diesem Beispiel gibt es nur eine veränderliche Einwirkung, diese ist als vorherrschend anzusehen.

$$w_{Q,fin} = w_{Q,1,fin}$$

$$w_{Q,fin} = w_{Q,1,fin} = w_{Q,1,inst} * (1 + \Psi_{2,1} * k_{def})$$

$$w_{Q,fin} = w_{Q,1,fin} = 7,6 * (1 + 0,3 * 0,6) = 9,0 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,fin}$$

$$w_{fin} = 18,3 + 9,0 = 27,4 \text{ mm}$$

Bedingung: $w_{fin} - w_{G,inst} \leq 1 / 200$	15,9	\leq	25,0	mm
	→ Nachweis erfüllt			

Mit: $1 / 200 = 5,00 / 200 = 25,0 \text{ mm}$

5.3.2 Nachweis der Durchbiegung für die quasi-ständige Bemessungssituation

Ziel: Beschränkung der Durchbiegung soll allgemeine Benutzbarkeit gewährleisten und das Erscheinungsbild positiv beeinflussen.

$$w_{\text{fin}} - w_0 \leq l/200$$

$w_{\text{fin}} = w_{G,\text{fin}} + w_{Q,\text{fin}}$... Enddurchbiegung aus ständiger und veränderlicher Einwirkungen

w_0 ... Anfangsdurchbiegung

$$w_{G,\text{fin}} = w_{G,\text{inst}} * (1 + k_{\text{def}})$$

$$w_{G,\text{fin}} = 11,5 * (1 + 0,6) = 18,3 \text{ mm}$$

$$w_{Q,\text{fin}} = \sum w_{Q,i,\text{fin}} = \sum \Psi_{2,i} * w_{Q,i,\text{inst}} * (1 + k_{\text{def}})$$

Hier: $w_{Q,\text{fin}} = w_{Q,1,\text{fin}} = \Psi_{2,1} * w_{Q,1,\text{inst}} * (1 + k_{\text{def}})$

$$w_{Q,\text{fin}} = w_{Q,1,\text{fin}} = 0,3 * 7,6 * (1 + 0,6) = 3,7 \text{ mm}$$

$$w_{\text{fin}} = 18,3 + 3,7 = 22,0 \text{ mm}$$

$$w_0 = 0,0 \text{ mm}$$

Bedingung: $w_{\text{fin}} - w_0 \leq l/200$	22,0	≤	25,0	mm
	→		Nachweis erfüllt	

6 Excel Programm: Statische Berechnung Einfeldträger nach EC 5

6.1 Programmbeschreibung

Das Programm führt alle Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise für einen Einfeldträger aus Vollholz oder Brettschichtholz.

Es besteht aus fünf Registern:

- Basis-Daten
- Baustoffe
- Bemessung
- Tragfähigkeit
- Gebrauchstauglichkeit

6.1.1 Register: Basis-Daten

Dieses Register beinhaltet Auszüge aus:

ÖNORM EN 1990: Eurocode - Grundlagen der Tragwerksplanung [17],

ÖNORM EN 1995-1-1: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten Teil 1-1 [18],

und dient als Nachschlagewerk für die zur Berechnung nötigen Beiwerte und die Beschreibung der Zuordnung zu den Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) und den Nutzungsklassen (NKL):

- Zuordnung zu Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED)
- Nutzungsklassen (NKL)
- Teilsicherheitsbeiwerte (γ_G, γ_Q)
- Kombinationsbeiwerte (Ψ_0, Ψ_2)
- k_{mod} - Werte für Vollholz und Brettschichtholz
- k_{def} - Werte für Vollholz und Brettschichtholz

6.1.2 Register: Baustoffe

Dieses Register besteht aus der Tabelle mit den Rechenwerten der charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Vollholz und Brettschichtholz.

6.1.3 Register: Bemessung

In diesem Register werden folgende Parameter eingegeben bzw. gewählt:

- Einwirkungen
- Kombinationswerte Ψ_0
- Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED)
- Nutzungsklassen (NKL)

Die massgebende Lastfall-Kombination und die dazugehörige KLED und k_{mod} -Wert werden automatisch errechnet.

6.1.4 Register: Tragfähigkeit

Die Träger-Abmessungen werden eingegeben und der Baustoff wird gewählt.

Beim Nachweis gegen Kippen wird die Art der Lagerung gewählt. Im Falle der seitlichen Halterung des Trägers wird noch zusätzlich der Abstand zwischen den Halterungspunkten eingegeben.

Das Programm errechnet folgende Tragfähigkeitsnachweise:

- Nachweis der Biegespannungen
- Nachweis der Schubspannungen
- Nachweis der Auflagerpressung
- Nachweis gegen Kippen

6.1.5 Register: Gebrauchstauglichkeit

Die Kombinationsbeiwerte Ψ_2 und eine eventuelle Überhöhung werden eingegeben.

Das Programm errechnet automatisch die massgebende Lastfallkombination der veränderlichen Einwirkungen für die seltene Bemessungssituation.

Folgende Durchbiegungsnachweise werden errechnet:

- Nachweis für die seltene Bemessungssituation
 - 1.) Nachweis der elastischen Anfangsdurchbiegung infolge der vorherrschenden veränderlichen Belastung
 - 2.) Nachweis der Enddurchbiegung
- Nachweis für die quasiständige Bemessungssituation

6.2 Das Programm in Druckform

EC 5 (ÖNORM EN 1955-1-1) Tabelle 2.2

Einwirkung	KLED	
Eigengewicht	ständig	1
Lagerstoffe	lang	2
Verkehrslasten, Schnee	mittel	3
Schnee, Wind	kurz	4
Wind und aussergewöhnliche Einw.	sehr kurz	5

	γ_G	γ_Q
Günstige Auswirkung	1,0	-
Ungünstige Auswirkung	1,35	1,5

	ψ_0	ψ_2
Nutzlasten im Hochbau:		
Wohngebäude, Bürogebäude	0,7	0,3
Versammlungsbereiche, Verkaufsflächen	0,7	0,6
Lagerflächen	1,0	0,8
Windlasten	0,6	0,0
Schneelasten unter 1000 m ü.NN	0,5	0,0
Schneelasten über 1000 m ü.NN	0,7	0,2

	NKL
Klimabedingungen: Temperatur von 20°C und relative Luftfeuchte von 65%, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird; mittlere Gleichgewichtsfeuchte des Holzes $u=12\%$; Beispiel: beheizte Innenräume	1
Klimabedingungen: Temperatur von 20°C und relative Luftfeuchte von 85%, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird; mittlere Gleichgewichtsfeuchte des Holzes $u=20\%$; Beispiel: im Freien überdacht	2
Klimabedingungen, die zu höheren Holzfeuchten führen; Beispiel: frei der Witterung ausgesetzt	3

KLED	NKL		
	1	2	3
ständig (=1)	0,60	0,60	0,50
lang (=2)	0,70	0,70	0,55
mittel (=3)	0,80	0,80	0,65
kurz (=4)	0,90	0,90	0,70
sehr kurz (=5)	1,10	1,10	0,90

	NKL		
	1	2	3
Für Vollholz und Brettschichtholz	0,60	0,80	2,00

Rechenwerte der charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte
 [N/mm²], [kg/m³]

		D30	D35	D40	D50	D60	D70	C14	C16	C18
Biegung	$f_{m,k}$	30	35	40	50	60	70	14	16	18
Zug parallel	$f_{t,0,k}$	18	21	24	30	36	42	8	10	11
Zug rechtwinklig	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
Druck parallel	$f_{c,0,k}$	23	25	26	29	32	34	16	17	18
Druck rechtwinkl.	$f_{c,90,k}$	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5	2,0	2,2	2,2
Schub u. Torsion	$f_{v,k}$	3	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0	2,7	2,7	2,7
E-Modul parallel	$E_{0,mean}$	10000	10000	11000	14000	17000	20000	7000	8000	9000
	$E_{0,05}$	8333	8333	9167	11667	14167	16667	4667	5333	6000
E-Modul rechtw.	$E_{90,mean}$	640	690	750	930	1130	1330	230	270	300
	$E_{90,05}$	533	575	625	775	942	1108	153	180	200
Schubmodul	G_{mean}	600	650	700	880	1060	1250	440	500	560
	G_{05}	500	542	583	733	883	1042	293	333	373
Rohdichte	ρ_k	530	560	590	650	700	900	290	310	320
entnommen aus :		DIN 1052 Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau (Mai 2000)								

**Lastfallkombinationen mit Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten
für den Nachweis der Tragfähigkeit**

Einwirkungen auf der Grundlage von OENORM EN 1990	E _k kN/m	KLED 1=ständig 2=lang 3=mittel 4=kurz 5=sehr kurz	ψ ₀	γ _G , γ _Q
			□	□
ständige Einwirkung:				
aus Eigengewicht g _k	3,00	1	-	1,35
Veränderliche Einwirkungen:				
aus Schnee q _{1,k}	0,80	2	0,7	1,5
aus Wind q _{2,k}	0,20	2	0,6	1,5
aus Verkehrslast q _{3,k}	2,00	3	0,7	1,5
Summe E _k =	6,00			

Nutzungs-klasse:

Beispiel: beheizte Innenräume
Beispiel: im Freien überdacht
Beispiel: frei der Witterung ausgesetzt

NKL =	1
1	
2	
3	

Einzelergbnisse:

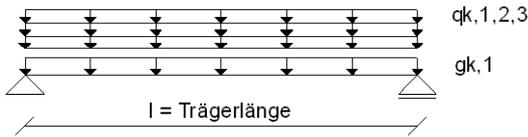
Lastfall-Kombination	Grundgleichungen zur Kombination der ständigen und veränderlichen Einwirkungen	E _d	massgebende KLED	k _{mod}	E _d /k _{mod}
LFK '0'	$\gamma_G \cdot g_k$	4,05	ständig	0,6	6,75
LFK '1a'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{1,k}$	5,25	lang	0,7	7,50
LFK '1b'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{2,k}$	4,35	lang	0,7	6,21
LFK '1c'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,05	mittel	0,8	8,81
LFK '2a'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{2,k}$	5,43	lang	0,7	7,76
LFK '2b'	$\gamma_G \cdot g_k + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \gamma_Q \cdot q_{2,k}$	5,19	lang	0,7	7,41
LFK '2c'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,35	mittel	0,8	9,19
LFK '2d'	$\gamma_G \cdot g_k + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,89	mittel	0,8	9,86
LFK '2e'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{2,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	6,45	mittel	0,8	8,06
LFK '2f'	$\gamma_G \cdot g_k + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{2,k} + \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,23	mittel	0,8	9,04
LFK '3a'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{2,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,53	mittel	0,8	9,41
LFK '3b'	$\gamma_G \cdot g_k + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \gamma_Q \cdot q_{2,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,29	mittel	0,8	9,11
LFK '3c'	$\gamma_G \cdot g_k + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{2,k} + \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	8,07	mittel	0,8	10,09
				max =	10,09

Ergebnis:

massgebende Lastfall-Kombination für den Nachweis von Bauteilen:	LFK '3c'	
E _d =	8,07	kN/m
NKL =	1	
KLED =	mittel	(= 3)
k _{mod} =	0,80	

Nachweis der Tragfähigkeit

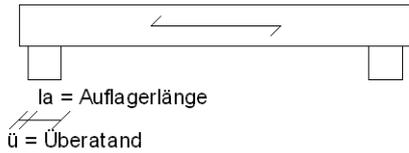
Statisches System



Länge:	
l =	5,00

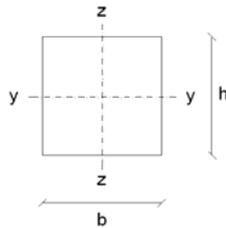
m

Seitenansicht



la = Auflagerlänge

ü = Überstand



Auflagerlänge:	
la =	120
Überstand:	
ü =	0

mm

mm

Querschnittswerte:	
b =	12
h =	22
A =	264
W _y =	968
I _y =	10648

cm

cm

cm²

cm³

cm⁴

Baustoffwahl:		6
Laubholz	D30	1
	D35	2
	D40	3
	D50	4
	D60	5
	D70	6
Nadelholz	C14	7
	C16	8
	C18	9
	C20	10
	C22	11
	C24	12
	C27	13
	C30	14
	C35	15
	C40	16
	C45	17
	C50	18
Brettschichtholz kombiniert homogen	GL24h	19
	GL28h	20
	GL32h	21
	GL36h	22
	GL24c	23
	GL28c	24
	GL32c	25
	GL36c	26

Schnittgrössenermittlung:	
max M _d =	25,22
max V _d =	20,18

kNm

kN

char. Baustoffeigenschaften:	
Baustoff:	D70
E _{0,mean} =	20000
G _{mean} =	1250
E _{0,05} =	16667
G ₀₅ =	1042
f _{m,k} =	70
f _{v,k} =	6
f _{c,90,k} =	13,5

N/mm²

N/mm²

N/mm²

N/mm²

N/mm²

N/mm²

N/mm²

N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert:	
γ _M =	1,3

Nachweis der Biegespannungen:

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_y = 26,1 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M = 43,1 \text{ N/mm}^2$$

Bedingung: $\sigma_{m,d} / f_{m,d} = 0,60 \leq 1 \rightarrow$ Nachweis erfüllt

Nachweis der Schubspannungen:

$$\tau_d = 1,5 * V_d / A = 1,1 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M = 3,7 \text{ N/mm}^2$$

Bedingung: $\tau_d / f_{v,d} = 0,31 \leq 1 \rightarrow$ Nachweis erfüllt

Nachweis der Auflagerpressung:

wirksame Querdruckfläche:	
A _{ef} =	180,00 cm ²

Querdruckspannung: $\sigma_{c,90,d} = V_d / A_{ef} = 1,1 \text{ N/mm}^2$

Querdruckfestigkeit: $f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / \gamma_M = 8,3 \text{ N/mm}^2$

Querdruckbeiwert:		(für Vollholz aus Laubholz)
k _{c,90} =	1	

Bedingung: $\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} * f_{c,90,d}) = 0,13 \leq 1$ Nachweis erfüllt

Nachweis gegen Kippen:

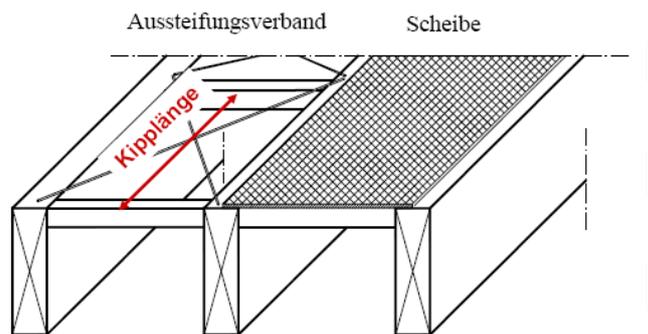
Kippoption:	1
Gabelgelagerter Einfeldträger	1
Seitliche Halterung in Einzelpunkten	2
Seitliche Halterung kontinuierl. (Scheibe)	3

nicht eing.:	5
--------------	---

Kipplänge:	
l _{ef} =	4,724

Kippschlankheitsgrad	
λ _{rel,m} =	0,62

Kippbeiwert:	
k _m =	1



Bedingung: $\sigma_{m,d} / k_m * f_{m,d} = 0,60 \leq 1 \rightarrow$ Nachweis erfüllt

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
Nachweis der Durchbiegung nach EC 5 Abschnitt 2.2.3

Elastische Anfangsdurchbiegung [mm]		ψ_0	ψ_2
ständige Einwirkungen:			
aus Eigengewicht $w_{G,inst}$	11,5		
veränderliche Einwirkungen:			
aus Schnee $w_{Q,1,inst}$	3,1	0,7	0,2
aus Wind $w_{Q,2,inst}$	0,8	0,6	0,0
aus Verkehrslast $w_{Q,3,inst}$	7,6	0,7	0,3

$k_{def} =$ 0,60 für NKL 1

Lastfallkombinationen der veränderlichen Einwirkungen für seltene Bemessungssituation:

Übrhöhung:
 $w_0 =$ 0 mm

Lastfall-Kombinationen		$u_{1,inst}$	
LFK 'a'	$w_{Q,1,inst} * (1 + \psi_{2,1} * k_{def}) + w_{Q,2,inst} * (\psi_{0,2} + \psi_{2,2} * k_{def}) + w_{Q,3,inst} * (\psi_{0,3} + \psi_{2,3} * k_{def})$	10,6	mm
LFK 'b'	$w_{Q,1,inst} * (\psi_{0,1} + \psi_{2,1} * k_{def}) + w_{Q,2,inst} * (1 + \psi_{2,2} * k_{def}) + w_{Q,3,inst} * (\psi_{0,3} + \psi_{2,3} * k_{def})$	10,0	mm
LFK 'c'	$w_{Q,1,inst} * (\psi_{0,1} + \psi_{2,1} * k_{def}) + w_{Q,2,inst} * (\psi_{0,2} + \psi_{2,2} * k_{def}) + w_{Q,3,inst} * (1 + \psi_{2,3} * k_{def})$	12,0	mm
$w_{Q,fin} =$		12,0	mm
massgebend:		LFK 'c'	

Seltene Bemessungssituation

1.) Nachweis der el. Anfangsdurchbiegung infolge der vorherrschenden veränd. Belastung:

El. Anfangsdurchbg. infolge d. vorherrschenden veränd. Belastung $w_{Q,1,inst} =$ 7,6 mm
 $l / 300 =$ 16,7 mm

Bedingung: $w_{Q,1,inst} \leq l / 300$	7,6	\leq	16,7	mm
→ Nachweis erfüllt				

2.) Nachweis der Enddurchbiegung

El. Anfangsdurchbiegung infolge der ständigen Einwirkung: $w_{G,inst} =$ 11,5 mm
 Enddurchbiegung infolge der ständigen Einwirkung: $w_{G,fin} = w_{G,inst} * (1 + k_{def}) =$ 18,3 mm
 Enddurchbiegung infolge der veränd. Einwirkung aus LF-Komb. : $w_{Q,fin} =$ 12,0 mm
 Enddurchbiegung: $w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,fin} =$ 30,3 mm
 $l / 200 =$ 25,0 mm

Bedingung: $w_{fin} - w_{G,inst} \leq l / 200$	18,9	\leq	25,0	mm
→ Nachweis erfüllt				

Quasiständige Bemessungssituation

$w_{G,fin} = w_{G,inst} * (1 + k_{def}) =$ 18,3 mm
 $w_{Q,fin} = \sum w_{Q,i,fin} = \sum \psi_{2,i} * w_{Q,i,inst} * (1 + k_{def}) =$ 4,6 mm
 $w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,fin} =$ 23,0 mm

Bedingung: $w_{fin} - w_0 \leq l / 200$	23,0	\leq	25,0	mm
→ Nachweis erfüllt				

Abkürzungsverzeichnis

BSH	Brettschichtholz
BSPH	Brettsperrholz
C	Coniferous Tree (Nadelbaum)
D	Deciduous Tree (Laubbaum)
def	Verformung (deformation)
ef	wirksam
$E_{0,mean}$	mittlerer Elastizitätsmodul in Faserrichtung
$f_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit rechtwinkelig zur Faserrichtung
fin	End- (final)
FSH	Furnierschichtholz
g	Lastfall ständige Lasten
h	homogen
inst	Anfangs- (instantaneous)
k_{def}	Rechenwert für die Verformungsbeiwerte
KLED	Klassen der Lasteinwirkungsdauer
k_{mod}	Rechenwert für die Modifikationsbeiwerte
LF	Lastfall
LH	Laubholz
LK	Lastfallkombination
mean	Mittelwert (mean value)
mod	Modifikation
NH	Nadelholz
NKL	Nutzungsklassen
OSB	Orientid Strand Board
s	Lastfall Schnee
SPH	Sperrholz
VH	Vollholz
w	Lastfall Wind
0; 90	Entsprechende Richtung in Bezug auf Faserrichtung
05	5%-Quantil eines charakteristischen Wertes
$\lambda_{rel,m}$	bezogener Kippschlankheitsgrad

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Typologische Entwicklung der Holzbauweisen und Systeme [1].....	2
Abb. 2:	Das AGEPAN® Musterhaus [www.glunz.de].....	10
Abb. 3:	Agepan-Deckenaufbau [1]	11
Abb. 5:	Agepan Produkte [1]	13
Abb. 6:	Agepan: Spannweite in Abhängigkeit von der Belastung [1]	15
Abb. 7:	FrameWorks™ Produkte [1].....	16
Abb. 8:	FrameWorks™ - Deckenaufbau [1].....	19
Abb. 9:	FrameWorks™ - Trägersystem [1]	19
Abb. 10:	FrameWorks™ Spannweite in Abhängigkeit von der Belastung [1].....	21
Abb. 11:	induo® Systemholztechnik Produkte [1].....	22
Abb. 12:	induo® Deckenaufbau [1]	25
Abb. 13:	induo®-Balken Verbindungssystem [1]	25
Abb. 14:	Lignatur Produkte [1]	27
Abb. 15:	Lignatur Deckenaufbau [1].....	30
Abb. 16:	Lignatur: Spannweite in Abhängigkeit von der Belastung [1]	32
Abb. 17:	LIGNOTREND Produkte [1].....	33
Abb. 18:	LIGNOTREND-Deckenaufbau [1].....	36
Abb. 19:	LIGNATUR - Spannweite in Abhängigkeit von der Belastung [1].....	37
Abb. 20:	Brettstapelelemente [1].....	38
Abb. 21:	Verbindungsmöglichkeiten [1]	43
Abb. 22:	Nagelverbindung [1].....	44
Abb. 23:	Brettstapel-Deckenelemente genagelt oder gedübelt Spannweiten [1].....	45
Abb. 24:	Dübelholz-Elemente [1].....	46
Abb. 25:	System Haas Produkte [1]	48
Abb. 26:	System Haas Verbindung [1].....	52
Abb. 27:	System Haas Spannweite in Abhängigkeit von der Belastung [1].....	52
Abb. 28:	LenoTec®-Massivbau Produkte [1]	53
Abb. 29:	LenoTec®-Massivbau: Spannweiten [1]	56
Abb. 30:	Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept [14]	57
Abb. 31:	Einwirkungen [14]	58
Abb. 32:	Festigkeit in Abhängigkeit von der Lasteinwirkungsdauer [14].....	61
Abb. 33:	Einwirkungen in Abhängigkeit von der Zeitdauer [14].....	63
Abb. 34:	Festigkeit in Abhängigkeit von der Holzfeuchte [14].....	64
Abb. 35:	Baustoffeigenschaften statistische Verteilung [14]	67

Abb. 36:	Bemessungswert einer Festigkeit [14].....	69
Abb. 37:	Rechenablauf für den Tragfähigkeitsnachweis [14]	71
Abb. 38:	Einfeldträger mit Einzellast [14].....	75
Abb. 39:	Rechenablauf für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis [14]	78
Abb. 40:	Einfeldträger	79

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Übersicht der Systeme [1].....	3
Tab. 2:	Agepan: Tragfähigkeitstabelle [1].....	14
Tab. 3:	TJI®-Träger: zul. Beanspr. in Abhängigkeit von den Abmessungen [1].....	20
Tab. 4:	TimberStrand™ und Parallam®: Standardabmessungen in mm [1].....	20
Tab. 5:	Zulässige Stützweiten für Nebenträger [1].....	26
Tab. 6:	Zulässige Stützweiten für Hauptträger in m [1].....	26
Tab. 7:	Lignatur-Kastenelement [1]	30
Tab. 8:	Lignatur-Flächenelemente [1].....	31
Tab. 9:	Lignatur Schalenelemente [1]	31
Tab. 10:	LIGNOTREND-Deckenelemente Bauteilabm. und Tragfähigkeiten [1]	37
Tab. 11:	LenoTec®-Massivbau: Plattendicke in Abhängigkeit von der Beanspr. [1]	56
Tab. 12:	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen im Grenzzustand der Tragf. [16][17].....	58
Tab. 13:	Kombinationsregeln für Einwirkungen in den Grenzzuständen der Tragf. [16][17].....	59
Tab. 14:	Kombinationsbeiwerte Ψ_i [16][17]	60
Tab. 15:	Klassen der Lasteinwirkungsdauer nach Eurocode 5 [15] [18]	62
Tab. 16:	Zusammenhang zwischen Nutzungsklassen und Holzfeuchte [15] [18]	65
Tab. 17:	Modifikationsbeiwerte k_{mod} [15] [18].....	66
Tab. 18:	Bsp.: Charakteristische Kennwerte für BSH [15] [18]	68
Tab. 19:	Teilsicherheitsbeiwerte für Festigkeitseigenschaften γ_M [15] [18].....	70
Tab. 20:	Kombinationsregeln: Gebrauchstauglichkeit [16] [17]	73
Tab. 21:	Kombinationsbeiwerte Ψ [17]	74
Tab. 22:	Verformungsbeiwerte k_{def} [15] [18].....	76
Tab. 23:	Querschnittswerte	79
Tab. 24:	Charakteristische Baustoffeigenschaften: Ausschnitt aus Tab. F9 [15] [18].....	80
Tab. 25:	k_{mod} - Werte für Vollholz, Brettschichtholz; aus Tabelle 3.1 [15].....	80
Tab. 26:	k_{def} - Werte für Vollholz, Brettschichtholz Tab. F2 [15] Tab. 3.2 [18]	84

Literaturverzeichnis

Zeitschriften:

INFORMATIONSDIENST HOLZ (www.informationsdienst-holz.de)

holzbau handbuch hh (Reihe/Teil/Folge)

[1] hh 1/1/4 Holzbausysteme. 12/2000

[2] hh 2/1/10 Einführung in die Bemessung nach DIN 1052:2004. 09/2004

[3] hh 3/3/3 Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken. 5/1999

[4] hh 3/4/1 Grundlagen des Brandschutzes. 8/1996

[5] hh 4/2/3 Konstruktive Vollholzprodukte. 6/2000

[6] hh 4/4/1 Konstruktive Holzwerkstoffe. 10/1997

Berichte:

[7] P. Jung: Die Brettstapelbauweise –Standortbetrachtung,INFORMATIONSDIENST HOLZ,
Tagungsband Fachtagungen 1998/1999, Arge Holz, Düsseldorf. 1998

[8] P. Jung: Holz-Beton-Verbund mit Brettstapeldecken –Praxiserfahrung.
SAH-Tagung Lignum, Zürich. 1999

[9] SIA-Doku 83, Brandschutz „Bemessungsmethode mit ideellen Restquerschnitten“

Skripten:

- [10] Andreas Kolbitsch: Hochbau BI. Institut für Hochbau und Industriebau, TU Wien. 01/2004

- [11] Claus Wagner: Holzbaustatik und Baukonstruktion. Studiengang Holzbau und Ausbau, Fachhochschule Rosenheim. 2007

- [12] Jürgen Güldenpfennig: Grundlagen des Holzbaus. Lehrstuhl für Mechanik und Baukonstruktionen, RWTH Aachen. 09/2005.

- [13] Jürgen Spittank: Holzbau nach DIN 1052 – Bauteilbemessung. Fachhochschule Darmstadt. 11/2004

- [14] Peter Schmidt: Einführung in das Sicherheitskonzept und Bemessungsgrundlagen nach DIN 1052. AG Baukonstruktion, Ingenieurholzbau und Bauphysik, Universität Siegen. 08/2004

- [15] Peter Schmidt: Übungsskript Holzbau I. AG Baukonstruktion, Ingenieurholzbau und Bauphysik, Universität Siegen. 08/2004

- [16] Peter Schmidt: Vorlesungsskript Holzbau I. AG Baukonstruktion, Ingenieurholzbau und Bauphysik, Universität Siegen. 10/2004

- [17] Peter Schmidt: Vorlesungsskript Holzbau II. AG Baukonstruktion, Ingenieurholzbau und Bauphysik, Universität Siegen. 10/2006

- [14] Ralf-W. Boddenberg: Vorlesung Holzbau I, Institut für Baustatik und Holzbau, Hochschule Wismar. 01/2007

Normen:

- [15] DIN 1052: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken - Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau. Deutsches Institut für Normung, Berlin. 2004-08
- [16] DIN 1055-100: Grundlagen der Tragwerksplanung; Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln. Deutsches Institut für Normung, Berlin. 2001-03
- [17] ÖNORM EN 1990: Eurocode - Grundlagen der Tragwerksplanung. Österreichisches Normungsinstitut, Wien. 2003-03-01.
- [18] ÖNORM EN 1995-1-1: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau. Österreichisches Normungsinstitut, Wien. 2006-01-01
- [18] ÖNORM EN 1991-1-3: Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten. Österreichisches Normungsinstitut, Wien. 2005-08-01

Literatur:

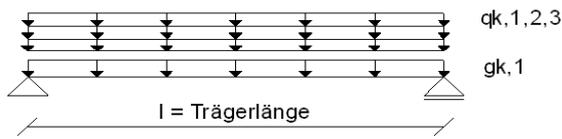
- [19] Anton Pech, Andreas Kolbitsch, Franz Zach: Baukonstruktionen ; Band 5: Decken. Springer-Verlag. Wien 2006
- [20] Günter Steck, Nikolaus Nebgen: Holzbau kompakt Nach DIN 1052 neu. Bauwerk Verlag. Berlin 2006
- [21] BEJTKA, Ireneusz: Querkzug- und Querkdruckverstärkungen - Aktuelle Forschungsergebnisse. In: Tagungsband: Ingenieurholzbau - Karlsruher Tage Bruderverlag Karlsruhe . 2003.

Anhang

Das Excel-Programm: „Statische Berechnung eines Einfeldträgers nach EC 5“ (03.10.2007).

Nachweis der Tragfähigkeit

Statisches System



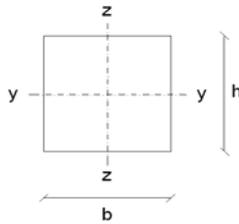
Länge:	
$l =$	5,00

Seitenansicht



Auflagerlänge:	
$l_a =$	120
Überstand:	
$\ddot{u} =$	0

Querschnitt



Querschnittswerte:	
$b =$	12
$h =$	22
$A =$	264
$W_y =$	968
$I_y =$	10648

Baustoffwahl:		6
Laubholz	D30	1
	D35	2
	D40	3
	D50	4
	D60	5
	D70	6
Nadelholz	C14	7
	C16	8
	C18	9
	C20	10
	C22	11
	C24	12
	C27	13
	C30	14
	C35	15
	C40	16
	C45	17
C50	18	
Brettschichtholz kombiniert homogen	GL24h	19
	GL28h	20
	GL32h	21
	GL36h	22
	GL24c	23
	GL28c	24
	GL32c	25
GL36c	26	

Schnittgrößenermittlung:	
$\max M_d =$	24,66
$\max V_d =$	19,73

char. Baustoffeigenschaften:	
Baustoff:	D70
$E_{0,mean} =$	20000
$G_{mean} =$	1250
$E_{0,05} =$	16667
$G_{05} =$	1042
$f_{m,k} =$	70
$f_{v,k} =$	6
$f_{c,90,k} =$	13,5

Teilsicherheitsbeiwert:	
$\gamma_M =$	1,3

Nachweis der Biegespannungen:

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_y = 25,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M = 43,1 \text{ N/mm}^2$$

Bedingung: $\sigma_{m,d} / f_{m,d} = 0,59 \leq 1 \rightarrow$ Nachweis erfüllt

Nachweis der Schubspannungen:

$$\tau_d = 1,5 * V_d / A = 1,1 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M = 3,7 \text{ N/mm}^2$$

Bedingung: $\tau_d / f_{v,d} = 0,30 \leq 1 \rightarrow$ Nachweis erfüllt

Nachweis der Auflagerpressung:

wirksame Querdru ck fläche:	
A _{ef} =	180,00 cm ²

Querdruckspannung: $\sigma_{c,90,d} = V_d / A_{ef} = 1,1 \text{ N/mm}^2$

Querdruckfestigkeit: $f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / \gamma_M = 8,3 \text{ N/mm}^2$

Querdru ck beiwert:	
k _{c,90} =	1 (für Vollholz aus Laubholz)

Bedingung: $\sigma_{c,90,d} / (k_{c,90} * f_{c,90,d}) = 0,13 \leq 1$ Nachweis erfüllt

Nachweis gegen Kippen:

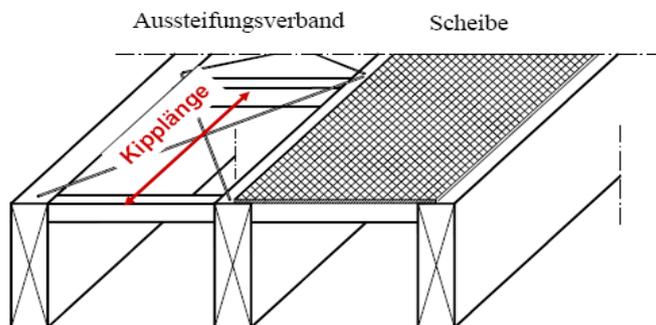
Kippoption:	1
Gabelgelagerter Einfeldträger	1
Seitliche Halterung in Einzelpunkten	2
Seitliche Halterung kontinuirl. (Scheibe)	3

nicht eing.: 5

Kipplänge:	
l _{ef} =	4,724

Kippschlankheitsgrad	
λ _{rel,m} =	0,62

Kippbeiwert:	
k _m =	1



Bedingung: $\sigma_{m,d} / k_m * f_{m,d} = 0,59 \leq 1 \rightarrow$ Nachweis erfüllt

Lastfallkombinationen mit Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerten
für den **Nachweis der Tragfähigkeit**

Einwirkungen auf der Grundlage von OENORM EN 1990	E_k kN/m	KLED		
		ψ_0	γ_G, γ_Q	
Ständige Einwirkung:				
aus Eigengewicht g_k	3,00	1	-	1,35
Veränderliche Einwirkungen:				
aus Schnee $q_{1,k}$	0,80	3	0,7	1,5
aus Wind $q_{2,k}$	0,20	4	0,6	1,5
aus Verkehrslast $q_{3,k}$	2,00	3	0,7	1,5
Summe $E_k =$	6,00			

Nutzungs-kategorie:

Beispiel: beheizte Innenräume
Beispiel: im Freien überdacht
Beispiel: frei der Witterung ausgesetzt

NKL =	1
1	
2	
3	

Einzel-ergebnisse:

Lastfall-Kombination	Grundgleichungen zur Kombination der ständigen und veränderlichen Einwirkungen	E_d	maßgebende KLED	k_{mod}	E_d/k_{mod}
LFK '0'	$\gamma_G \cdot g_k$	4,05	ständig	0,6	6,75
LFK '1a'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{1,k}$	5,25	mittel	0,8	6,56
LFK '1b'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{2,k}$	4,35	kurz	0,9	4,83
LFK '1c'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,05	mittel	0,8	8,81
LFK '2a'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{2,k}$	5,43	kurz	0,9	6,03
LFK '2b'	$\gamma_G \cdot g_k + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \gamma_Q \cdot q_{2,k}$	5,19	kurz	0,9	5,77
LFK '2c'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,35	mittel	0,8	9,19
LFK '2d'	$\gamma_G \cdot g_k + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,89	mittel	0,8	9,86
LFK '2e'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{2,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	6,45	kurz	0,9	7,17
LFK '2f'	$\gamma_G \cdot g_k + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{2,k} + \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,23	kurz	0,9	8,03
LFK '3a'	$\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{2,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,53	kurz	0,9	8,37
LFK '3b'	$\gamma_G \cdot g_k + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \gamma_Q \cdot q_{2,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	7,29	kurz	0,9	8,10
LFK '3c'	$\gamma_G \cdot g_k + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{1,k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{2,k} + \gamma_Q \cdot q_{3,k}$	8,07	kurz	0,9	8,97
				max =	9,86

Ergebnis:

maßgebende Lastfall-Kombination für den Nachweis von Bauteilen:	LFK '2d'	
$E_d =$	7,89	kN/m
NKL =	1	
KLED =	mittel	(= 3)
$k_{mod} =$	0,80	

Rechenwerte der charakteristischen Festigkeits-,Steifigkeits-und Rohdichtekennwerte [N/mm²],[kg/m³]

		D30	D35	D40	D50	D60	D70	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Biegung	$f_{m,k}$	30	35	40	50	60	70	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40
Zug parallel	$f_{t,0,k}$	18	21	24	30	36	42	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24
Zug rechtwinklig	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Druck parallel	$f_{c,0,k}$	23	25	26	29	32	34	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26
Druck rechtwinkl.	$f_{c,90,k}$	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Schub u. Torsion	$f_{v,k}$	3	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
E-Modul parallel	$E_{0,mean}$	10000	10000	11000	14000	17000	20000	7000	8000	9000	9500	10000	11000	11500	12000	13000	14000
	$E_{0,05}$	8333	8333	9167	11667	14167	16667	4667	5333	6000	6333	6667	7333	7667	8000	8667	9333
E-Modul rechtw.	$E_{90,mean}$	640	690	750	930	1130	1330	230	270	300	320	330	370	380	400	430	470
	$E_{90,05}$	533	575	625	775	942	1108	153	180	200	213	220	247	253	267	287	313
Schubmodul	G_{mean}	600	650	700	880	1060	1250	440	500	560	590	630	690	720	750	810	880
	G_{05}	500	542	583	733	883	1042	293	333	373	393	420	460	480	500	540	587
Rohdichte	ρ_k	530	560	590	650	700	900	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420

entnommen aus : DIN 1052 Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken
Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den
Hochbau (Mai 2000)

--

C45	C50	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h	GL24k	GL28k	GL32k	GL36k
45	50	24	28	32	36	24	28	32	36
27	30	16,5	19,5	22,5	26,0	14,0	16,5	19,5	22,5
0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
27	29	24,0	26,5	29,0	31,0	21,0	24,0	26,5	29,0
3,1	3,2	2,7	3,0	3,3	3,6	2,4	2,7	3,0	3,3
2,7	2,7	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
15000	16000	11600	12600	13700	14700	11600	12600	13700	14700
10000	10667	9667	10500	11417	12250	9667	10500	11417	12250
500	530	390	420	460	490	320	390	420	460
333	353	325	350	383	408	267	325	350	383
940	1000	720	780	850	910	590	720	780	850
627	667	600	650	708	758	492	600	650	708
440	460	380	410	430	450	350	380	410	430

--

Zuordnung zu Klassen der Lasteinwirkungsdauer

EC5 (ÖNORM EN 1955-1-1) Tabelle 2.2

Einwirkung	KLED	
Eigengewicht	ständig	1
Lagerstoffe	lang	2
Verkehrslasten, Schnee	mittel	3
Schnee, Wind	kurz	4
Wind und aussergewöhnliche Einw.	sehr kurz	5

Teilsicherheitsbeiwerte; vgl. EC1 (EN ÖNORM 1990) Tabelle A.1.2

	γ_G	γ_Q
Günstige Auswirkung	1,0	-
Ungünstige Auswirkung	1,35	1,5

Kombinationsbeiwerte; vgl. EC1 (EN ÖNORM 1990) Tabelle A.1.1

	ψ_0	ψ_2
Nutzlasten im Hochbau:		
Wohngebäude, Bürogebäude	0,7	0,3
Versammlungsbereiche, Verkaufsflächen	0,7	0,6
Lagerflächen	1,0	0,8
Windlasten	0,6	0,0
Schneelasten unter 1000 m ü.NN	0,5	0,0
Schneelasten über 1000 m ü.NN	0,7	0,2

Nutzungsklassen; vgl. EC5 (ÖNORM EN 1955-1-1) Abschnitt 2.3.1.3

	NKL
Klimabedingungen: Temperatur von 20°C und relative Luftfeuchte von 65%, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird; mittlere Gleichgewichtsfeuchte des Holzes $u=12\%$; Beispiel: beheizte Innenräume	1
Klimabedingungen: Temperatur von 20°C und relative Luftfeuchte von 85%, die nur für einige Wochen pro Jahr überschritten wird; mittlere Gleichgewichtsfeuchte des Holzes $u=20\%$; Beispiel: im Freien überdacht	2
Klimabedingungen, die zu höheren Holzfeuchten führen; Beispiel: frei der Witterung ausgesetzt	3

k_{mod} - Werte für Vollholz, Brettschichtholz; vgl. EC5 (ÖNORM EN 1955-1-1) Tabelle 3.1

KLED	NKL		
	1	2	3
ständig (=1)	0,60	0,60	0,50
lang (=2)	0,70	0,70	0,55
mittel (=3)	0,80	0,80	0,65
kurz (=4)	0,90	0,90	0,70
sehr kurz (=5)	1,10	1,10	0,90

k_{def} - Werte für Vollholz, Brettschichtholz; vgl. EC5 (ÖNORM EN 1955-1-1) Tabelle 3.2

KLED	NKL		
	1	2	3
Für Vollholz und Brettschichtholz	0,60	0,80	2,00

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
Nachweis der Durchbiegung nach EC5 Abschnitt 2.2.3

Elastische Anfangsdurchbiegung [mm]		Ψ_0	Ψ_2
ständige Einwirkungen:			
aus Eigengewicht $w_{g,inst}$	11,5		
veränderliche Einwirkungen:			
aus Schnee $w_{Q,1,inst}$	3,1	0,7	0,2
aus Wind $w_{Q,2,inst}$	0,8	0,6	0,0
aus Verkehrslast $w_{Q,3,inst}$	7,6	0,7	0,3

$k_{def} = 0,60$ für NKL 1

Lastfallkombinationen der veränderlichen Einwirkungen für seltene Bemessungssituation:

Übrhöhung:
 $w_0 = 0$ mm

Lastfall-Kombinationen		$u_{1,inst}$	
LFK 'a'	$w_{Q,1,inst} * (1 + \Psi_{2,1} * k_{def}) + w_{Q,2,inst} * (\Psi_{0,2} + \Psi_{2,2} * k_{def}) + w_{Q,3,inst} * (\Psi_{0,3} + \Psi_{2,3} * k_{def})$	10,6	mm
LFK 'b'	$w_{Q,1,inst} * (\Psi_{0,1} + \Psi_{2,1} * k_{def}) + w_{Q,2,inst} * (1 + \Psi_{2,2} * k_{def}) + w_{Q,3,inst} * (\Psi_{0,3} + \Psi_{2,3} * k_{def})$	10,0	mm
LFK 'c'	$w_{Q,1,inst} * (\Psi_{0,1} + \Psi_{2,1} * k_{def}) + w_{Q,2,inst} * (\Psi_{0,2} + \Psi_{2,2} * k_{def}) + w_{Q,3,inst} * (1 + \Psi_{2,3} * k_{def})$	12,0	mm
$w_{Q,fin} =$		12,0	mm
maßgebend:		LFK 'c'	

Seltene Bemessungssituation

1.) Nachweis der el. Anfangsdurchbiegung infolge der vorherrschenden veränderl. Belastung:

El. Anfangsdurchbg. infolge d. vorherrschenden veränd. Belastung $w_{Q,1,inst} = 7,6$ mm
 $l / 300 = 16,7$ mm

Bedingung: $w_{Q,1,inst} \leq l / 300$	7,6	\leq	16,7	mm
→ Nachweis erfüllt				

2.) Nachweis der Enddurchbiegung

El. Anfangsdurchbiegung infolge der ständigen Einwirkung: $w_{G,inst} = 11,5$ mm
 Enddurchbiegung infolge der ständigen Einwirkung: $w_{G,fin} = w_{G,inst} * (1 + k_{def}) = 18,3$ mm
 Enddurchbiegung infolge der veränd. Einwirkung aus LF-Komb. : $w_{Q,fin} = 12,0$ mm
 Enddurchbiegung: $w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,fin} = 30,3$ mm
 $l / 200 = 25,0$ mm

Bedingung: $w_{fin} - w_{G,inst} \leq l / 200$	18,9	\leq	25,0	mm
→ Nachweis erfüllt				

Quasiständige Bemessungssituation

$w_{G,fin} = w_{G,inst} * (1 + k_{def}) = 18,3$ mm
 $w_{Q,fin} = \sum w_{Q,i,fin} = \sum \Psi_{2,i} * w_{Q,i,inst} * (1 + k_{def}) = 4,6$ mm
 $w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,fin} = 23,0$ mm

Bedingung: $w_{fin} - w_0 \leq l / 200$	23,0	\leq	25,0	mm
→ Nachweis erfüllt				