

2x CMA (direkt u. B), Ehlbeck, Flos, Kreuzinger,  
Aige, 332, Steck, Nebgen, E-93/9  
Müllbrandt, Wüster, Flemer



## **FORSCHUNGS-AUFTRAG**

**NORMUNGSARBEITEN ZUM EC 5 - VERGLEICHSRECHNUNGEN NACH  
DIN EN 1995-1-1 UND DIN 1052 - PARAMETERUNTERSUCHUNGEN  
ZUM VERGLEICH DER SICHERHEIT UND DER WIRTSCHAFTLICHKEIT  
VON HOLZBAUTEILEN (E-93/9)**

**DURCHGEFÜHRT IM AUFTRAG DES FORSTABSATZFONDS  
ÜBER DIE  
CENTRALE MARKETING-GESELLSCHAFT DER DEUTSCHEN  
AGRARWIRTSCHAFT (CMA)  
UNTER LEITUNG DER ENTWICKLUNGSGEMEINSCHAFT HOLZBAU  
(EGH) IN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR HOLZFORSCHUNG  
E.V. (DGFH)**

**BERGISCHE UNIVERSITÄT GESAMTHOCHSCHULE WUPPERTAL  
LEHR- UND FORSCHUNGSGEBIET INGENIEURHOLZBAU  
PROF. DR.-ING. H. BRÜNINGHOFF**

**WUPPERTAL 1994**

## Vorwort

Für die Durchführung von Vergleichsrechnungen für Bauteile nach bisherigen deutschen und bevorstehenden europäischen Normen ist wegen der sehr raschen Entwicklung des Standes der Normung ein guter Überblick über die Arbeiten der zuständigen Ausschüsse und eine schnelle Bearbeitung der Aufgaben notwendig, um mit aktuellen Ergebnissen die neuen Verfahren überprüfen und eventuell noch Änderungen einbringen zu können. Hiermit möchte ich nicht nur der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der DGfH und der Centralen Marketinggesellschaft der Deutschen Agrarwirtschaft für die gewährten finanziellen Mittel, sondern auch meinen nachfolgend genannten Mitarbeitern für ihre engagierte Unterstützung danken.

Mitautoren sind:

Dipl.-Ing. Martina Biermann  
Dipl.-Ing. Markus Derix  
Dipl.-Ing. Markus Radermacher  
Dipl.-Ing. Tobias Wiegand

Wuppertal, im Mai 1994

Heinz Brüninghoff

## Inhaltsverzeichnis

1. **Inhaltsverzeichnis**
2. **Einleitung**
3. **Vergleichsrechnungen an Bauteilen für Hallen- und Dachtragwerke**
  - 3.1 eingespannte Stütze
  - 3.2 Pendelstütze
  - 3.3 Dachsparren
  - 3.4 Koppelfette
  - 3.5 Durchlaufpfette
  - 3.6 Deckenbalken, Unterzug und Pfosten eines Holzskelettbaus
  - 3.7 Dachaussteifung
  - 3.8 Satteldachbinder mit lose aufgesatteltem Firstkeil
  - 3.9 Satteldachbinder mit aufgeleimtem Firstkeil
4. **Parameteruntersuchungen an Bauteilen für Hallen- und Dachtragwerke**
  - 4.1 Einfeldträger, gerade Form, BS 11/12, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.2 Einfeldträger, gerade Form, BS 11/12, Gebrauchstauglichkeitsnachweise
  - 4.3 Einfeldträger, gerade Form, BS 14, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.4 Einfeldträger, gerade Form, BS 14, Gebrauchstauglichkeitsnachweise
  - 4.5 Einfeldträger, 3° Dachneigung, BS 14, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.6 Einfeldträger, 3° Dachneigung, BS 14, Gebrauchstauglichkeitsnachweise
  - 4.7 Satteldachträger, BS 11/12, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.8 Satteldachträger, BS 11/12, Gebrauchstauglichkeitsnachweise
  - 4.9 Satteldachträger, BS 14, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.10 Satteldachträger, BS 14, Gebrauchstauglichkeitsnachweise
  - 4.11 Satteldachträger, BS 16, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.12 Satteldachträger, BS 16, Gebrauchstauglichkeitsnachweise
  - 4.13 Satteldachträger, BS 18, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.14 Satteldachträger, BS 18, Gebrauchstauglichkeitsnachweise
  - 4.15 Dreigelenkstabzug, BS 11/12, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.16 Dreigelenkstabzug, BS 14, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.17 Dreigelenkstabzug, BS 16, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.18 Dreigelenkstabzug, BS 18, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.19 Gelenkträger, 2 Felder, BS 11/12, Tragfähigkeitsnachweise
  - 4.20 Gelenkträger, 2 Felder, BS 11, Gebrauchstauglichkeitsnachweise
  - 4.21 Koppelfetten, S10 / MS10
  - 4.22 Gelenkpfetten, S10 / MS10
  - 4.23 Druck und Biegung, Tragfähigkeitsnachweise nach Theorie II. Ordnung
  - 4.24 Seitenlasten von Biegeträgern mit Recheckquerschnitten
  - 4.25 Fachwerkknoten mit Stabdübelverbindung
5. **Parameteruntersuchungen an Bauteilen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln**
6. **Zusammenfassung**



## 2. Einleitung

Mit der Einführung der DINV ENV 1995-1-1 wird in absehbarer Zeit der Wechsel vom deterministischen zum probabilistischen Bemessungskonzept vollzogen. Im vorliegenden Projekt im Auftrage des Arbeitskreises *Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der DGfH*, gefördert durch den Forstabsatzfond der *Centralen Marketinggesellschaft der Deutschen Agrarwirtschaft* "Vergleichsrechnungen nach DINV ENV 1995-1-1 und DIN 1052 - Parameteruntersuchungen", soll für häufig eingesetzte Holzbauteile ein Vergleich zwischen der Bemessung nach nationaler und zukünftiger europäischer Norm gezogen werden. Ein solcher Vergleich anhand von Bauteilen ist notwendig, da eine Gegenüberstellung der Bemessungsverfahren allein noch keinen hinreichenden Aufschluß über die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Bauteile gibt.

Im dritten Abschnitt werden Bauteile, z.B. Pfetten, Stützen, Binder und Verbände, eines Hallenbauwerks nach beiden Normenwerken berechnet und gegenübergestellt. Hierzu wurde eine Systemhalle der *Standardhallengesellschaft bR*, Düsseldorf, gewählt. Ferner wurden Teile aus dem Hausbau in Skelettbauweise, Sparren, Pfetten, Stützen und Deckenbalken, untersucht.

Im vierten Abschnitt werden Bauteile, z.B. Koppelpfetten, Gelenkträger, Balken aus Voll- und Brettschichtholz, Satteldachbinder, Dreigelenkstabzüge, Verbände, Glieder mit Druck und Biegung sowie Knotenpunkte mit Verbindungsmitteln betrachtet. Hier werden im Sinne von Parameterstudien Belastungen und Geometrien der Teile in praxisüblichen Grenzen variiert und in Diagrammen dargestellt. Die Aufbereitung und Darstellung folgt den beiden Heften aus der Reihe *Informationsdienst Holz "Vorbemessung"*, die in der Praxis viel Anklang gefunden haben.

Den Vergleichsrechnungen liegen, neben den zur Zeit gültigen nationalen Normen, die europäischen Vornormen DINV ENV 1995-1-1 (deutsche Fassung 10.93), prEN 338 (10.90 mit Korrekturen) und prEN 1194 (12.93) zugrunde. Außerdem wird auf den Entwurf des nationalen Anwendungsdokumentes zu Eurocode 5 (09.93) Bezug genommen; dies gilt im wesentlichen für den dritten Abschnitt. Die anschließend durchgeführten Arbeiten, die im vierten Abschnitt aufgenommen wurden, berücksichtigen bereits den Inhalt der neuen Fassung des Entwurfs zum Nationalen Anwendungsdokument (NAD) vom Mai 1994, ferner die Vorschläge zur Neufassung von DIN 1052. Damit ist die verwendete Terminologie nicht durchwegs einheitlich. Das Ergebnis der Untersuchungen wird dadurch nur wenig berührt, da sich die Inhalte des NAD wie auch die beabsichtigte Neufassung von DIN 1052 sich stark an die Vorgaben der europäischen Normentwürfe anlehnen.

Im Folgenden wird bei Randnotizen für die DINV ENV 1995-1-1 die Abkürzung *EC 5* und für den Entwurf des nationalen Anwendungsdokumentes zu Eurocode 5 *Entwurf NAD* geschrieben



## Vergleichsrechnungen

### 3.1 Eingespannte Stütze

#### a) Berechnung nach ENV 1995-1-1

##### 3.1.1.a Bauteilbeschreibung

Es soll eine eingespannte Stütze eines Rahmens bemessen werden.



Abb. 1: Stützengeometrie

$b$	=	26 cm	$W_y$	=	9196 cm <sup>3</sup>
$h$	=	46 cm	$I_y$	=	210894 cm <sup>4</sup>
$A$	=	1196 cm <sup>2</sup>	$s$	=	6,43 m

Die Stütze wird aus BS - Holz Gl 24 hergestellt.

##### 3.1.2.a Statisches System

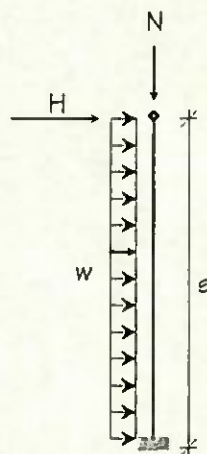


Abb. 2: Statisches System

**3.1.3.a Einwirkungen****3.1.3.1.a charakteristische Werte der Einwirkungen**ständige Einwirkungen

alle Einwirkungen nach DIN 1055

Binder und Dach:	29,80 kN
Wandgewicht:	12,50 kN
Stütze:	4,00 kN
<b>G =</b>	<b>46,30 kN</b>

veränderliche Einwirkungen

Schnee	44,60 kN
Wind $w_s$ (vertikal)	-17,90 kN
Wind $w_D$	2,40 kN/m
Wind aus der Pendelstütze	4,40 kN
Wind auf den Satteldachträger oberhalb der Symmetrieachse	1,20 kN

**3.1.3.2.a Kombinationsbeiwerte**Schnee:  $\psi_{0,1} = 0,70$ 

s. Entwurf NAD

Wind:  $\psi_{0,2} = 0,60$ **3.1.3.3.a Bemessungswert der Einwirkungen** $\gamma_G = 1,35$  $\gamma_Q = 1,50$  für veränderliche Einwirkungen

s. EC 5 Tab. 2.3.3.1

Kombination 1 (Eigengewicht + Schnee + Wind):

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

s. EC 5 Gl. (2.3.2.2a)

$$N = 1,35 \cdot 46,3 + 1,5 \cdot 44,60 - 1,5 \cdot 0,6 \cdot 17,90 = 113,3 \text{ kN}$$

$$w = 1,5 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 2,16 \text{ kN/m}$$

$$H = 1,5 \cdot 0,6 \cdot (4,4 + 1,2) = 5,04 \text{ kN}$$

Kombination 2 (Eigengewicht + Wind + Schnee):

$$N = 1,35 \cdot 46,3 - 1,5 \cdot 17,90 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 44,60 = 82,5 \text{ kN}$$

$$w = 1,5 \cdot 2,4 = 3,60 \text{ kN/m}$$

$$H = 1,5 \cdot (4,4 + 1,2) = 8,40 \text{ kN}$$

Kombination 3 (Eigengewicht + Schnee):

$$N = 1,35 \cdot 46,3 + 1,5 \cdot 44,60 = 129,4 \text{ kN}$$



Kombination 4 (Eigengewicht + Wind):

$$N = 1,35 \cdot 46,3 - 1,5 \cdot 17,90 = 35,7 \text{ kN}$$

$$w = 1,5 \cdot 2,4 = 3,60 \text{ kN/m}$$

$$H = 1,5 \cdot (4,4 + 1,2) = 8,40 \text{ kN}$$

nicht maßgebend für die Stütze !

**3.1.4.a Bemessungswert der Beanspruchungen**

<u>Kombination 1:</u>	N	=	113,3 kN
	$M = \frac{w \cdot s^2}{2} + H \cdot s$	=	77,1 kNm
<u>Kombination 2:</u>	N	=	82,5 kN
	M	=	128,4 kNm
<u>Kombination 3:</u>	N	=	129,4 kN

**3.1.5.a Baustoffeigenschaften**

**3.1.5.1.a Charakteristische Werte**

Für die nachfolgende Bemessung wurde die Festigkeitsklasse Gl 24 gewählt.  
Festigkeits- und Steifigkeitswerte aus prEN 1194 Tab. 1:

Festigkeitsklasse	Gl 24		
Biegung	$f_{m,g,k}$	=	24 MN/m <sup>2</sup>
Zug    Fa.	$f_{t,0,g,k}$	=	18 MN/m <sup>2</sup>
Zug ⊥ Fa.	$f_{t,90,g,k}$	=	0,35 MN/m <sup>2</sup>
Druck    Fa.	$f_{c,0,g,k}$	=	24 MN/m <sup>2</sup>
Druck ⊥ Fa.	$f_{c,90,g,k}$	=	5,5 MN/m <sup>2</sup>
Abscheren	$f_{v,g,k}$	=	2,8 MN/m <sup>2</sup>
E - Moduln	$E_{0,mean,g}$	=	11.000 MN/m <sup>2</sup>
	$E_{0,05,g}$	=	8.800 MN/m <sup>2</sup>
Rohdichte	$\rho_{g,k}$	=	380 kg/m <sup>3</sup>

**3.1.5.2.a Bemessungswert der Tragfähigkeit**

Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffeigenschaften s. EC 5 Tab. 2.3.3.2  
Grundkombination:  $\gamma_M = 1,3$

Der Bemessungswert ergibt sich allgemein aus der Gleichung:

$$X_d = \frac{k_{mod} \cdot X_k}{\gamma_M}$$

$k_{mod}$  - Werte für die Nutzungsklasse 1 s. EC 5 Tab. 3.1.7  
ständig: 0,60 (Eigengewicht)  
kurz: 0,90 (Schnee + Wind)

Maßgebend ist der  $k_{\text{mod}}$  - Wert der Einwirkung mit der kürzesten Lasteinwirkungsdauer (s. EC 5 3.1.7 (2)). Hier ist also für alle betrachteten Kombinationen  $k_{\text{mod}} = 0,9$ .  
Damit ergeben sich die Bemessungswerte für die nachfolgende Berechnung.

### 3.1.6.a Grenzzustände der Tragfähigkeit

gewählt: BS - Holz Gl 24 □ 26/46

#### Knicknachweis

(s. EC 5 5.2)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0^1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$s_{ky} = \beta \cdot s = 2,7 \cdot 6,43 = 17,4 \text{ m}$$

senkrecht zur Zeichenebene sei die Stütze am Kopf und Fuß gelenkig gehalten

$$s_{kz} = 6,43 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{s_{ky}}{i_y} = \frac{17,4 \cdot \sqrt{12}}{0,46} = 131$$

$$\lambda_z = \frac{s_{kz}}{i_z} = \frac{6,43 \cdot \sqrt{12}}{0,26} = 86$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{131}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8800}} = 2,18 > 0,5$$

s.a. EC 5 5.2.1(3)

$$\lambda_{\text{rel},z} = \frac{86}{131} \cdot 2,18 = 1,43 > 0,5$$

⇒ Knicknachweis maßgebend

$$k_y = 0,5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2 \right] = 2,96$$

mit  $\beta_c = 0,1$  für BS-Holz

$$k_z = 1,57$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{2,96 + \sqrt{2,96^2 - 2,18^2}} = 0,20$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,57 + \sqrt{1,57^2 - 1,43^2}} = 0,45$$

<sup>1</sup>Die Gleichungen (5.2.1e) und (5.2.1f) in EC 5 legen formal nahe, daß auch bei einachsiger Biegung senkrecht zur Richtung der äußeren Belastung eine Abminderung mit dem Beiwert  $k_m$  vorgenommen werden darf. Dies ist aber nicht sinnvoll, da diese Abminderung lediglich die Effekte bei Doppelbiegung berücksichtigen soll.



Kombination 1:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W} = 8,40 \text{ MN / m}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = 0,95 \text{ MN / m}^2$$

$$f_{m,g,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 16,6 \text{ MN / m}^2$$

$$f_{c,0,g,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 16,6 \text{ MN / m}^2$$

mit:  $k_{mod} = 0,9$ ;  $\gamma_M = 1,3$ ;  $f_{m,g,k} = 24 \text{ MN / m}^2$ ;  $f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MN / m}^2$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,g,d}} = 0,79 \leq 1,00$$

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,g,d}} = 0,13 \leq 1,00$$

Knicken rechtwinklig zur Richtung der äußeren Belastung wird hier nicht weiter untersucht.

⇒ Nachweis erbracht

Kombination 2:

$$\sigma_{m,d} = 14,0 \text{ MN / m}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = 0,69 \text{ MN / m}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,g,d}} = 1,05 \approx 1,00$$

⇒ Nachweis ungefähr erbracht

Kombination 3:

$$\sigma_{c,0,d} = 1,08 \text{ MN / m}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,g,d}} = 0,33 \leq 1,00$$

⇒ Nachweis erbracht

**3.1.7.a Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit**

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{s. EC 5 Gl. (4.1a)}$$

$$u_{2,inst} = \frac{w \cdot s^4}{8} + \frac{H \cdot s^3}{3} = \frac{2,4 \cdot 6,43^4}{8} + \frac{5,6 \cdot 6,43^3}{3} = 43,5 \text{ mm} = \frac{s}{148}$$

$$\frac{s}{148} \approx \frac{s}{150} \quad \text{Empfehlung nach EC 5 4.3.1(2) für elastische Anfangsdurchbiegungen}$$

<b>b)</b>	<b>Berechnung nach DIN 1052</b>
-----------	---------------------------------

**3.1.1.b Bauteilbeschreibung und statisches System**

wie bei der Berechnung nach ENV 1995-1-1. Die eingespannte Stütze wird aus BS-Holz GK II  26/46 hergestellt

**3.1.2.b Belastungen**

Eigengewicht:	G= 46,30 kN
Schnee:	44,60 kN
Wind $w_s$ (vertikal):	-17,90 kN
Wind $w_D$ :	2,40 kN/m
Wind aus Pendelstütze:	4,40 kN
Wind aus Satteldachträger oberhalb der Systemachse:	1,20 kN

**3.1.3.b Schnittgrößen**

LF 1: Eigengewicht + Schnee  
 LF 2: Eigengewicht + Schnee + Wind

LF 1: $N=46,3+44,6$	=90,90 kN
LF 2: $N=46,3+44,6-17,9$	=73,00 kN
$Q=4,40+1,20+2,40 \cdot 6,43$	=21,00 kN
$M = (4,40 + 1,20) \cdot 6,43 + \frac{2,40 \cdot 6,43^2}{2}$	=85,6 kNm

**3.1.4.b Tragfähigkeitsnachweis**

LF 2 ist maßgebend

Knicksicherheitsnachweis

$$\frac{\frac{M}{W}}{1,25 \cdot \text{zul } \sigma_B} + \frac{\frac{N}{A}}{1,25 \cdot \text{zul } \sigma_K} \leq 1$$

mit:  $\lambda_y = \lambda_{\max} = 131 \Rightarrow \omega_{\max} = 4,70 \Rightarrow \text{zul } \sigma_K = 1,81 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$

gewählt: BS - Holz Gk II <input type="checkbox"/> 26/46
---



$$\Rightarrow \frac{85,6 \cdot 10^{-3}}{1,25 \cdot 11} + \frac{73,0 \cdot 10^{-3}}{1,25 \cdot 1,81} = 0,95 \leq 1,0$$

Kippnachweis

$$\lambda_b = \sqrt{\frac{s \cdot h \cdot \gamma_1 \cdot \text{zul} \sigma_B}{\pi \cdot b^2 \cdot \sqrt{E_1 \cdot G_T}}} = \sqrt{\frac{6,43 \cdot 0,46 \cdot 2 \cdot 11}{\pi \cdot 0,26^2 \cdot \sqrt{11000 \cdot 500}}} = 0,36$$

$$\Rightarrow k_b = 1,0 \Rightarrow k_b \cdot 1,1 \geq 1,0 \Rightarrow \text{Kippen nicht maßgebend}$$

**3.1.5.b Gebrauchstauglichkeit**

$$u = \frac{\frac{w \cdot s_e^4}{8} + \frac{H \cdot s_e^3}{3}}{E_1 \cdot I} = \frac{\frac{2,40 \cdot 6,43^4}{8} + \frac{5,60 \cdot 6,43^3}{3}}{11000 \cdot 210894 \cdot 10^{-8}} = 43,5 \text{ mm} \approx \frac{s}{148}$$

$$u = \frac{s}{148} \approx \frac{s}{150}$$

s. DIN 1052 T.1 Tab. 9 und 8.5.6

**c) Vergleich der Ausnutzungsgrade**

	ENV 1995-1-1 BS-Holz GL 24 26/46	DIN 1052 BS-Holz GK II 26/46
Knicknachweis	1,05	0,95
Durchbiegung	$\frac{s}{148}$ <sup>2</sup>	$\frac{s}{148}$

BS-Holz GL 24 kann bei der gegebenen Lastkombination um etwa 6% höher beansprucht werden als BS-Holz GK II.

Die Abminderung der Grenzen der Druckbeanspruchung infolge Knicken sind für den EC 5 geringfügig höher als nach DIN 1052.

Die um 25% erhöhten zulässigen Beanspruchungen im Lastfall HZ nach DIN 1052 sind in dieser Form im EC 5 nicht mehr gegeben. Die Einwirkungen Schnee und Wind werden in die Lastdauerklasse *kurz* eingestuft. Der Kombinationsbeiwert  $\psi$  für Lastkombinationen wirkt sich im maßgebenden Lastfall nicht wesentlich aus.

Der Ausnutzungsgrad der eingespannten Stütze ist daher bei Berechnung nach dem EC 5 um etwa 10% höher als bei Berechnung nach DIN 1052. Die Verformungen sind bei gleichen Rechenwerten für die Elastizitätsmoduln gleich groß.

<sup>2</sup>Dabei ist zu beachten, daß in der ENV 1995-1-1 nur *empfohlene* Durchbiegungsgrenzen enthalten sind.

### 3.2 Pendelstütze

#### a) Berechnung nach ENV 1995-1-1

##### 3.2.1.a Bauteilbeschreibung

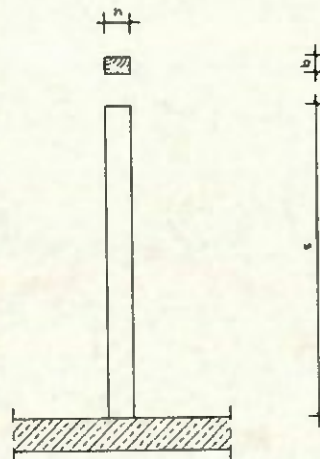


Abb. 3: Stützengeometrie

b	=	18 cm	$W_y$	=	2028 cm <sup>3</sup>
h	=	26 cm	$I_y$	=	26364 cm <sup>4</sup>
A	=	468 cm <sup>2</sup>	s	=	5,83 m

Die Stütze wird aus Nadelholz C24 hergestellt.

##### 3.2.2.a Statisches System

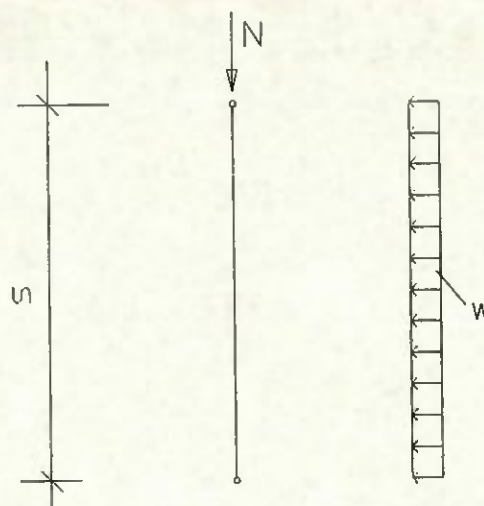


Abb. 4: Statisches System

### 3.2.3.a Einwirkungen

#### 3.2.3.1.a charakteristische Werte der Einwirkungen

##### ständige Einwirkungen

alle Einwirkungen nach DIN 1055

Binder und Dach:	29,80 kN
Wandgewicht:	12,50 kN
Stütze:	<u>2,00 kN</u>
G =	44,30 kN

##### veränderliche Einwirkungen

Schnee	44,60 kN
Wind $w_s$ (vertikal)	-17,90 kN
Wind $w_D$	2,40 kN/m

#### 3.2.3.2.a Kombinationsbeiwerte

Schnee:  $\psi_{0,1} = 0,70$

s. Entwurf NAD

Wind:  $\psi_{0,2} = 0,60$

#### 3.2.3.3.a Bemessungswert der Einwirkungen

$\gamma_G = 1,35$

$\gamma_Q = 1,50$  für veränderliche Einwirkungen

s. EC 5 Tab. 2.3.3.1

##### Kombination 1 (Eigengewicht + Schnee + Wind):

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i=1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

s. EC 5 Gl. (2.3.2.2a)

$$N = 1,35 \cdot 44,3 + 1,5 \cdot 44,60 - 1,5 \cdot 0,6 \cdot 17,90 = 110,6 \text{ kN}$$

$$w = 1,5 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 2,16 \text{ kN/m}$$

##### Kombination 2 (Eigengewicht + Wind + Schnee):

$$N = 1,35 \cdot 44,3 - 1,5 \cdot 17,90 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 44,60 = 79,8 \text{ kN}$$

$$w = 1,5 \cdot 2,4 = 3,60 \text{ kN/m}$$

##### Kombination 3 (Eigengewicht + Schnee):

$$N = 1,35 \cdot 44,3 + 1,5 \cdot 44,60 = 126,7 \text{ kN}$$



### 3.2.4.a Bemessungswert der Beanspruchungen

<u>Kombination 1:</u>	N	=	110,6 kN
	$M = \frac{w \cdot s^2}{8}$	=	9,18 kNm
<u>Kombination 2:</u>	N	=	79,8 kN
	M	=	15,3 kNm
<u>Kombination 3:</u>	N	=	126,7 kN

### 3.2.5.a Baustoffeigenschaften

#### 3.2.5.1.a Charakteristische Werte

Für die nachfolgende Bemessung wurde die Festigkeitsklasse C 24 gewählt.  
Festigkeits- und Steifigkeitswerte aus prEN 338 Tab. 1:

Festigkeitsklasse	C 24		
Biegung	$f_{m,k}$	=	24 MN/m <sup>2</sup>
Zug    Fa.	$f_{t,0,k}$	=	14 MN/m <sup>2</sup>
Zug ⊥ Fa.	$f_{t,90,k}$	=	0,40 MN/m <sup>2</sup>
Druck    Fa.	$f_{c,0,k}$	=	21 MN/m <sup>2</sup>
Druck ⊥ Fa.	$f_{c,90,k}$	=	5,3 MN/m <sup>2</sup>
Abscheren	$f_{v,k}$	=	2,5 MN/m <sup>2</sup>
E - Moduln	$E_{0,mean}$	=	11.000 MN/m <sup>2</sup>
	$E_{0,05}$	=	7.400 MN/m <sup>2</sup>
Rohdichte	$\rho_k$	=	380 kg/m <sup>3</sup>

#### 3.2.5.2.a Bemessungswert der Tragfähigkeit

Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffeigenschaften

s. EC 5 Tab. 2.3.3.2

Grundkombination:  $\gamma_M = 1,3$

Der Bemessungswert ergibt sich allgemein aus der Gleichung:

$$X_d = \frac{k_{mod} \cdot X_k}{\gamma_M}$$

$k_{mod}$  - Werte für die Nutzungsklasse 1

s. EC 5 Tab. 3.1.7

ständig: 0,60 (Eigengewicht)

kurz: 0,90 (Schnee + Wind)

Maßgebend ist der  $k_{mod}$  - Wert der Einwirkung mit der kürzesten Lasteinwirkungsdauer (s. EC 5 3.1.7 (2)). Hier ist also für alle betrachteten Kombinationen  $k_{mod} = 0,9$ .

Damit ergeben sich die Bemessungswerte für die nachfolgende Berechnung.

3.2.6.a Grenzzustände der Tragfähigkeit

gewählt: Vollholz C 24 □ 18/26

Knicknachweis

(s. EC 5 5.2)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\lambda_y = \frac{s_{ky}}{i_y} = 78$$

$$\lambda_z = \frac{s_{kz}}{i_z} = 112$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{112}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,90 > 0,5$$

s.a. EC 5 5.2.1(3)

$$\lambda_{rel,y} = \frac{78}{112} \cdot 1,90 = 1,32 > 0,5$$

⇒ Knicknachweis maßgebend

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 2,45$$

mit  $\beta_c = 0,2$  für Vollholz

$$k_y = 1,45$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,25$$

$$k_{c,y} = 0,49$$

Kombination 1:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W} = 4,53 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = 2,36 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 16,6 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 14,5 \text{ MN/m}^2$$

mit:  $k_{mod} = 0,9$ ;  $\gamma_M = 1,3$ ;  $f_{m,k} = 24 \text{ MN/m}^2$ ;  $f_{c,0,k} = 21 \text{ MN/m}^2$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,y,d}} = 0,61 \leq 1,00$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = 0,65 \leq 1,00$$

⇒ Nachweis erbracht

Kombination 2:

$$\sigma_{m,d} = 7,54 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,71 \text{ MN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,y,d}} = 0,69 \leq 1,00$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = 0,47 \leq 1,00$$

⇒ Nachweis erbracht

Kombination 3:

$$\sigma_{c,0,d} = 2,71 \text{ MN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = 0,75 \leq 1,00$$

⇒ Nachweis erbracht

### 3.2.7.a Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{s. EC 5 Gl. (4.1a)}$$

$$u_{2,inst} = \frac{5 \cdot w \cdot s^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 2,4 \cdot 5,83^4}{384 \cdot 11000 \cdot 26364 \cdot 10^{-8}} = 12,4 \text{ mm} \approx \frac{s}{470}$$

$$\frac{s}{470} \leq \frac{s}{200}$$

Empfehlung nach EC 5 4.3.1(2) für elastische Anfangsdurchbiegungen

## b) Berechnung nach DIN 1052

### 3.2.1.b Bauteilbeschreibung und statisches System

wie bei der Berechnung nach ENV 1995-1-1. Die Pendelstütze wird aus Vollholz NHGK II □ 18/26 hergestellt

### 3.2.2.b Belastungen

Eigengewicht:	G= 44,30 kN
Schnee:	44,60 kN
Wind $w_s$ (vertikal):	-17,90 kN
Wind $w_D$ :	2,40 kN/m



**3.2.3.b Schnittgrößen**

LF 1: Eigengewicht + Schnee

LF 2: Eigengewicht + Schnee + Wind

$$\text{LF 1: } N=44,3+44,6 \quad 88,90 \text{ kN}$$

$$\text{LF 2: } N=44,3+44,6-17,9 \quad 71,00 \text{ kN}$$

$$Q=2,40 \cdot 5,83/2 \quad 7,00 \text{ kN}$$

$$M = \frac{2,40 \cdot 5,83^2}{8} \quad 10,2 \text{ kNm}$$

**3.2.4.b Tragfähigkeitsnachweis**

LF 2 ist maßgebend

Knicksicherheitsnachweis

$$\frac{\frac{M}{W}}{1,25 \cdot \text{zul } \sigma_B} + \frac{\frac{N}{A}}{1,25 \cdot \text{zul } \sigma_K} \leq 1,0$$

$$\text{mit: } \lambda_z = \lambda_{\max} = 112 \Rightarrow \omega_{\max} = 3,76 \Rightarrow \text{zul } \sigma_K = 2,26 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

gewählt: Vollholz NHGK II □ 18/26
-----------------------------------

$$\Rightarrow \frac{\frac{10,2 \cdot 10^{-3}}{2028 \cdot 10^{-6}}}{1,25 \cdot 10} + \frac{\frac{71 \cdot 10^{-3}}{468 \cdot 10^{-4}}}{1,25 \cdot 2,26} = 0,94 \leq 1,0$$

**3.2.5.b Gebrauchstauglichkeit**

$$u = \frac{5 \cdot q \cdot s^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 2,4 \cdot 5,83^4}{384 \cdot 10000 \cdot 26364 \cdot 10^{-8}} = 13,7 \text{ mm} \approx \frac{s}{426}$$

$$u = \frac{s}{426} \leq \frac{s}{200}$$

s. DIN 1052 T.1 8.5.9

c)	<b>Vergleich der Ausnutzungsgrade</b>
----	---------------------------------------

	ENV 1995-1-1 Vollholz C 24 18/26	DIN 1052 NHGK II 18/26
Knicknachweis	0,75	0,94
Durchbiegung	$\frac{s}{470}$ <sup>3</sup>	$\frac{s}{426}$

Vollholz C 24 kann bei der gegebenen Lastkombination um etwa 16% höher beansprucht werden als Vollholz der Sortierklasse S10 / MS10.

Die um 25% erhöhten zulässigen Beanspruchungen im Lastfall HZ nach DIN 1052 sind in dieser Form im EC 5 nicht mehr gegeben. Die Einwirkungen Schnee und Wind werden in die Lastdauerklasse *kurz* eingestuft. Der Kombinationsbeiwert  $\psi$  für Lastkombinationen wirkt sich im maßgebenden Lastfall nicht wesentlich aus.

Knicken wurde nach dem EC 5 nur in Richtung der Auslenkung betrachtet, die durch das Biegemoment bewirkt wird. Zusätzlich sollte ein Biegedrillknicknachweis geführt werden, für den allerdings im EC 5 keine Anwendungsregeln gegeben sind. Nach DIN 1052 wurde mit  $\omega$  gerechnet.

Der Ausnutzungsgrad der Pendelstütze beim Knicknachweis nach DIN 1052 stellt sich hier größer dar als derjenige nach dem EC 5. Man kann davon ausgehen, daß sich ein wirtschaftlicher Vorteil bei Anwendung des EC 5 ergibt, wenn auch nicht in der Höhe, wie hier zahlenmäßig dargestellt. Die Verformungen der Stütze ergeben nach dem EC 5 geringere Werte als nach DIN 1052, dies wegen des höheren angesetzten Elastizitätsmoduls für die Klasse C 24 gegenüber der Klasse S 10.

<sup>3</sup>Dabei ist zu beachten, daß in der ENV 1995-1-1 nur *empfohlene* Durchbiegungsgrenzen enthalten sind.

### 3.3 Dachsparren

#### a) Berechnung nach ENV 1995-1-1

##### 3.3.1.a Bauteilbeschreibung

Es soll ein Dachsparren in Vollholz C 24 (Querschnitt 1) und in BS-Holz Gl 24 (Querschnitt 2) bemessen werden.

Es wird Nutzungsklasse 1 und keine Überhöhung angenommen.

Der Sparrenabstand betrage  $e = 1,00$  m.

##### 3.3.2.a Statisches System

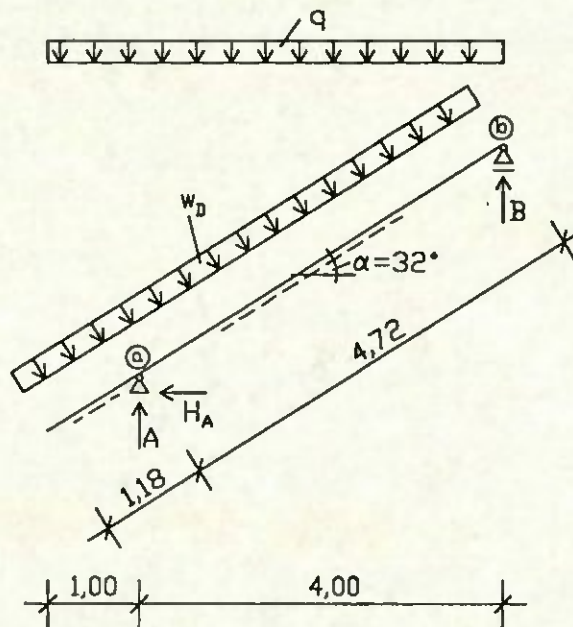


Abb. 5: Sparrengeometrie

##### 3.3.3.a Einwirkungen

##### 3.3.3.1a charakteristische Werte der Einwirkungen

ständige Einwirkungen

alle Einwirkungen nach DIN 1055

Falzziegel nach DIN 456	0,55 kN/m <sup>2</sup>
Sparreneigengewicht	0,10 kN/m <sup>2</sup>
$g =$	0,65 kN/m <sup>2</sup>
$g_G = g / \cos 32^\circ =$	0,77 kN/m <sup>2</sup> Gfl.
$g_L = g \cdot \cos^2 32^\circ =$	0,55 kN/m <sup>2</sup> Dfl.

veränderliche Einwirkungen

Schnee: $\bar{s} = k_s \cdot s_o = 0,95 \cdot 0,75 =$	0,71 kN/m <sup>2</sup> Gfl.
$s_L = \bar{s} \cdot \cos^2 32^\circ =$	0,51 kN/m <sup>2</sup> Dfl.



Schneelastzone III, Höhe über NN.  $\leq 500$  m.

Wind:  $w_D = 1,25 \cdot c_p \cdot q = 0,50 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$

Höhe des Gebäudes  $\geq 8$  m; Lasteinzugsfläche des Sparren  $\leq 15$  % der gesamten Dachfläche.

**3.3.3.2.a Kombinationsbeiwerte**

Schnee:  $\psi_{0,1} = 0,70$

s. EntwurfNAD

Wind:  $\psi_{0,2} = 0,60$

**3.3.3.3.a Bemessungswert der Einwirkungen**

$\gamma_G = 1,35$

s. EC 5 Tab. 2.3.3.1

$\gamma_Q = 1,50$  für veränderliche Einwirkungen

Kombination 1 (Eigengewicht + Schnee + Wind):

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

s. EC 5 Gl. (2.3.2.2a)

$q = 1,35 \cdot 0,77 + 1,5 \cdot 0,71 = 2,10 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl.}$

$w_D = 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,50 = 0,45 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$

Kombination 2 (Eigengewicht + Wind + Schnee):

$q = 1,35 \cdot 0,77 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,71 = 1,79 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl.}$

$w_D = 1,5 \cdot 0,50 = 0,75 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$

Kombination 3 (Eigengewicht):

$q = 1,35 \cdot 0,77 = 1,04 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl.}$

(Kombinationen von g + s oder g + w brauchen hier nicht untersucht zu werden, da beide veränderliche Einwirkungen in dieselbe Klasse der Lasteinwirkungsdauer gehören und somit die Kombinationen 1 bzw. 2 immer ungünstiger sind.)

**3.3.4.a Bemessungswert der Beanspruchungen**

die Kombination 2 ist maßgebend.

$$B = \frac{1,79/2 \cdot (4^2 - 1^2) + 0,75/2 \cdot (4,72^2 - 1,18^2)}{4} = 5,31 \text{ kN}$$

$A = 1,79 \cdot 5 + 0,75 \cdot 5 - 5,31 = 7,39 \text{ kN}$

$H_A = 5 \cdot \tan 32^\circ \cdot 0,75 = 2,34 \text{ kN}$

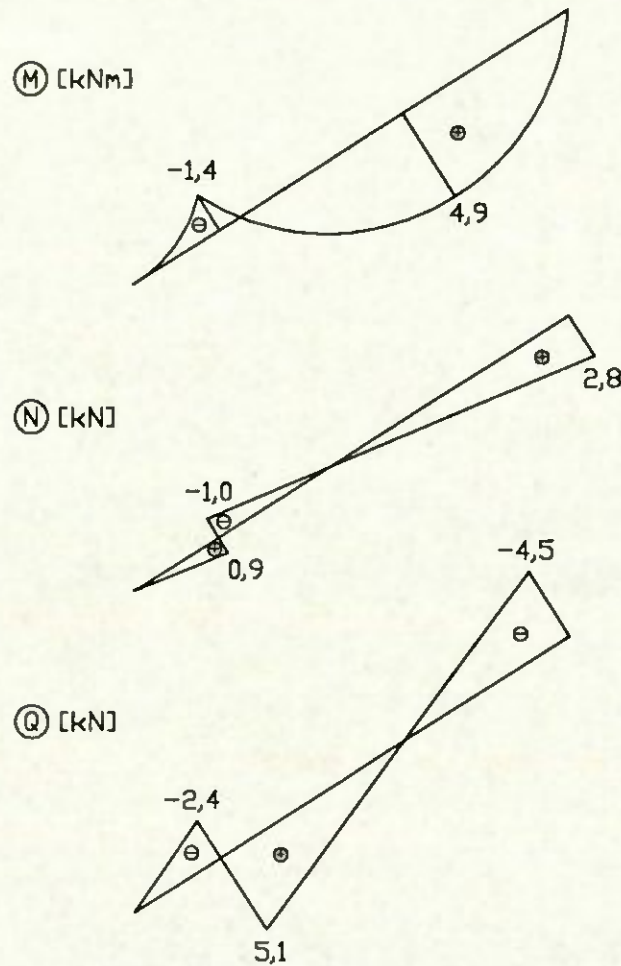


Abb. 6: Schnittgrößen des Sparren nach EC 5

### 3.3.5.a Grenzzustände der Tragfähigkeit

Biegung:

$$\frac{\frac{M}{W}}{k_h \cdot \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}} + \frac{\frac{N}{A}}{k_h \cdot \frac{f_{t,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}} \leq 1,0$$

mit:  $k_{mod} = 0,9$ ;  $\gamma_M = 1,3$ ;  $N \approx 1,02 \text{ kN}$

Für Vollholz mit Abmessungen  $\leq 150 \text{ mm}$ , können die charakteristischen Biege- und Zugfestigkeiten mit  $k_h$  erhöht werden (s. EC 5 3.2.2(5)).

Dabei ist:  $k_h = \min. \begin{cases} (150/h)^{0,2} \\ 1,3 \end{cases}$

Im Entwurf zum NAD wird diese Regelung allerdings für Bauholz nach DIN 4074 T.1 gestrichen!

Für BS-Holz mit Abmessungen  $\leq 600 \text{ mm}$ , können die charakteristischen Biege- und Zugfestigkeiten mit  $k_h$  erhöht werden (s. EC 5 3.3.2(4)).

Dabei ist:  $k_h = \min. \begin{cases} (600/h)^{0,2} \\ 1,15 \end{cases}$

gew.: Querschnitt 1 Vollholz C 24 □ 8/20

$$\Rightarrow k_h = 1,0; \quad f_{m,k} = 24 \text{ MN/m}^2; \quad f_{t,0,k} = 14 \text{ MN/m}^2$$

$$\Rightarrow \frac{9,19}{16,62} + \frac{0,064}{9,69} = 0,56 \leq 1,00$$

gew.: Querschnitt 2 BS-Holz GI 24 □ 8/20

$$\Rightarrow k_h = \min. \left\{ \begin{array}{l} (600/200)^{0,2} = 1,25; \\ 1,15 \end{array} \right.; \quad f_{m,g,k} = 24 \text{ MN/m}^2; \quad f_{t,0,g,k} = 18 \text{ MN/m}^2$$

$$\Rightarrow \frac{9,19}{1,15 \cdot 16,62} + \frac{0,064}{12,46} = 0,49 \leq 1,00$$

### 3.3.6.a Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

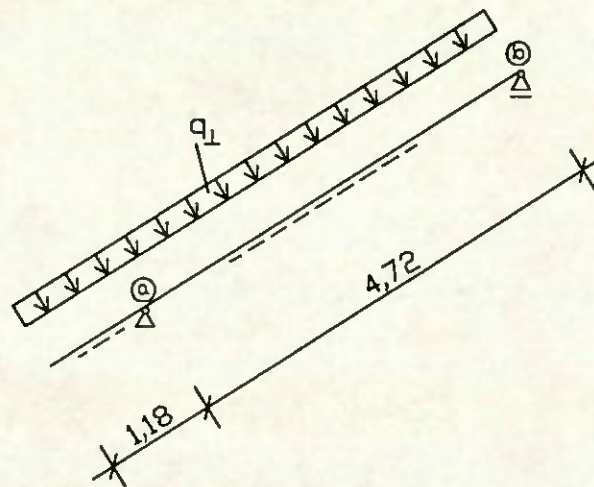


Abb. 7: Belastung für die Verformungsberechnung

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,j} + \sum_{i>1} \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{s. EC 5 Gl. (4.1a)}$$

$$u_{\text{Mitte}} = \frac{1}{E_{0,\text{mean}} \cdot I} \cdot \frac{q_{\perp} \cdot l^2}{32} \cdot \left( \frac{5}{12} \cdot l^2 - l_k^2 \right)$$

$$u_{\text{Kragarm}} = \frac{1}{E_{0,\text{mean}} \cdot I} \cdot \frac{q_{\perp} \cdot l_k}{24} \cdot (3 \cdot l_k^3 + 4 \cdot l \cdot l_k^2 - l^3)$$

#### 3.3.6.1.a Kombinationsbeiwerte

Schnee:  $\psi_{1,1} = 0,50$

Wind:  $\psi_{1,2} = 0,20$

s. Entwurf NAD

#### 3.3.6.2.a Bemessungswert der Einwirkungen

1. Kombination (Eigengewicht + Schnee + Wind):

$$q_{\perp} = 0,55 + 0,51 + 0,5 \cdot 0,5 = 1,31 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$$



2. Kombination (Eigengewicht + Wind + Schnee):

$$q_{\perp} = 0,55 + 0,5 + 0,2 \cdot 0,51 = 1,15 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$$

3. Kombination (Wind + Schnee):

$$q_{\perp} = 0,51 + 0,5 \cdot 0,5 = 0,76 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$$

**3.3.6.3.a Beiwerte  $k_{def}$  zur Berücksichtigung von Langzeitverformungen**

Besteht eine Lastkombination aus Einwirkungen, die zu verschiedenen Klassen der Lasteinwirkungsdauer gehören, dann sind die Durchbiegungsanteile der unterschiedlichen Einwirkungen mit den jeweils entsprechenden Werten für  $k_{def}$  zu ermitteln (s. EC 5 4.1(6)).

für die Nutzungsklasse 1, BS-Holz und "trockenes" Vollholz:

Lasteinwirkungsdauer:	$k_{def}$ :
ständig	0,60
kurz	0,00

für die Nutzungsklasse 1, Vollholz mit einer Feuchte nahe des Fasersättigungsgrades, das im eingebauten Zustand austrocknen kann:

Die  $k_{def}$  - Werte sind um 1,0 zu erhöhen (s. Fußnote zu EC 5 Tab. 4.1).<sup>4</sup>

Lasteinwirkungsdauer:	$k_{def}$ :
ständig	1,60
kurz	0,00

**3.3.6.4.a Ermittlung der Durchbiegungen**

Die Empfehlungen für Durchbiegungen im EC 5 lauten wie folgt:

- f. Verkehrslasten  $u_{2,inst} \leq 1/300$  (1/150 für Kragträger)
- f. Verkehrslasten  $u_{2,fin} \leq 1/200$  (1/100 für Kragträger)
- f. Gesamtlast  $u_{net,fin} \leq 1/200$  (1/100 für Kragträger)

Querschnitt 1 Vollholz C 24 □ 8/20 "trocken"

$$u_{net,fin,Mitte} = \frac{0,55 \cdot (1 + 0,6) + 0,51 + 0,5 \cdot 0,5}{11000 \cdot \frac{0,08 \cdot 0,20^3}{12} \cdot 32} \cdot 4,72^2 \cdot \left( \frac{5}{12} \cdot 4,72^2 - 1,18^2 \right) = 15,4 \text{ mm} \approx \frac{1}{307}$$

<sup>4</sup>Die Erhöhung für kurzfristige Belastungen wie Wind ist zwar formal erforderlich, erscheint aber nicht sinnvoll.

$$u_{\text{net,fin,Kragarm}} = \frac{0,55 \cdot (1+0,6) + 0,51 + 0,5 \cdot 0,5}{11000 \cdot \frac{0,08 \cdot 0,20^3}{12} \cdot 24} \cdot 1,18 \cdot (3 \cdot 1,18^3 + 4 \cdot 4,72 \cdot 1,18^2 - 4,72^3) = -10,2 \text{ mm} \approx \frac{1}{116}$$

$$u_{2,\text{inst,Mitte}} = \frac{0,51 + 0,5 \cdot 0,5}{0,55 \cdot (1+0,6) + 0,51 + 0,5 \cdot 0,5} \cdot 15,4 = 0,463 \cdot 15,4 = 7,14 \text{ mm} \approx \frac{1}{661}$$

$$u_{2,\text{inst,Kragarm}} = 0,463 \cdot (-10,2) = -4,73 \text{ mm} \approx \frac{1}{250}$$

neu gewählt: Querschnitt 1 Vollholz C 24 □ 10/20 "feucht"

$$u_{\text{net,fin,Mitte}} = \frac{0,55 \cdot (1+1,6) + 0,51 + 0,5 \cdot 0,5}{11000 \cdot \frac{0,10 \cdot 0,20^3}{12} \cdot 32} \cdot 4,72^2 \cdot \left( \frac{5}{12} \cdot 4,72^2 - 1,18^2 \right) = 16,4 \text{ mm} \approx \frac{1}{288}$$

$$u_{\text{net,fin,Kragarm}} = \frac{0,55 \cdot (1+1,6) + 0,51 + 0,5 \cdot 0,5}{11000 \cdot \frac{0,10 \cdot 0,20^3}{12} \cdot 24} \cdot 1,18 \cdot (3 \cdot 1,18^3 + 4 \cdot 4,72 \cdot 1,18^2 - 4,72^3) = -10,9 \text{ mm} \approx \frac{1}{108}$$

$$u_{2,\text{inst,Mitte}} = \frac{0,51 + 0,5 \cdot 0,5}{0,55 \cdot (1+1,6) + 0,51 + 0,5 \cdot 0,5} \cdot 16,4 = 0,347 \cdot 16,4 = 5,69 \text{ mm} \approx \frac{1}{830}$$

$$u_{2,\text{inst,Kragarm}} = 0,347 \cdot (-10,9) = -3,78 \text{ mm} \approx \frac{1}{312}$$

Querschnitt 2 BS-Holz Gl 24 □ 8/20

Nachweise wie bei Querschnitt 1 "trocken"

## b) Berechnung nach DIN 1052

### 3.3.1.b Bauteilbeschreibung und statisches System

Siehe Berechnung nach ENV 1995-1-1. Der Sparren soll in NHGK II und BS-Holz GK II bemessen werden.

### 3.3.2.b Belastungen

die Belastungen entsprechen den charakteristischen Werten der Einwirkung der Berechnung nach ENV 1995-1-1

$$\begin{aligned} \text{LF } g + w + s: \quad q &= 0,77 + 0,71 = 1,48 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl.} \\ q_{\perp} &= 0,55 + 0,51 + 0,5 = 1,56 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.} \\ w_D &= 0,50 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.} \end{aligned}$$

### 3.3.3.b Schnittgrößen

$$B = \frac{1,48 / 2 \cdot (4^2 - 1^2) + 0,50 / 2 \cdot (4,72^2 - 1,18^2)}{4} = 4,08 \text{ kN}$$

$$A = 1,48 \cdot 5 + 0,50 \cdot 5 - 4,08 =$$

$$5,82 \text{ kN}$$

$$H_A = 5 \cdot \tan 32^\circ \cdot 0,50 =$$

$$1,56 \text{ kN}$$

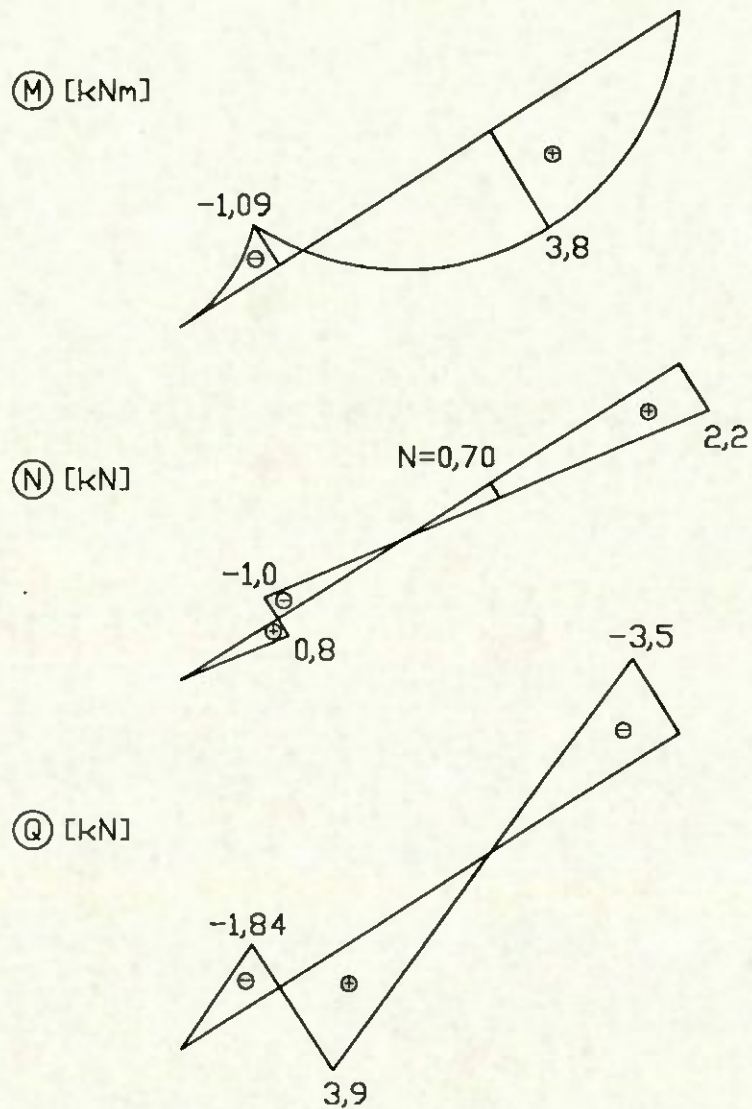


Abb. 8: Schnittgrößen des Sparrens nach DIN 1052

3.3.4.b Tragfähigkeitsnachweis

$$\frac{\frac{M}{W}}{1,25 \cdot \text{zul } \sigma_B} + \frac{\frac{N}{A}}{1,25 \cdot \text{zul } \sigma_{zII}} \leq 1,0$$

gewählt: Vollholz NHGK II  8/20

$$\frac{7,13}{12,5} + \frac{0,04}{10,6} = 0,57 \leq 1,0$$

gewählt: BS-Holz GK II  8/20



$$\frac{7,13}{13,8} + \frac{0,04}{10,6} = 0,52 \leq 1,0$$

### 3.3.5.b Gebrauchstauglichkeit

$$M_{\text{Feld,inf.g}} \approx 1,35 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{\text{Feld,inf.g}}}{M_{\text{Feld}}} = \frac{1,35}{3,80} = 0,36 \Rightarrow \text{das Kriechen braucht nicht berücksichtigt zu werden}$$

Für eine vorübergehende Durchfeuchtung sind die E-Moduln der DIN 1052 T.1 Tab.1 um 1/6 abzumindern.

$$u_{\text{Mitte}} = \frac{1}{E_{//} \cdot I} \cdot \frac{q_{\perp} \cdot l^2}{32} \cdot \left( \frac{5}{12} \cdot l^2 - l_k^2 \right)$$

$$u_{\text{Kragarm}} = \frac{1}{E_{//} \cdot I} \cdot \frac{q_{\perp} \cdot l_k}{24} \cdot (3 \cdot l_k^3 + 4 \cdot l \cdot l_k^2 - l^3)$$

Die rechnerische Durchbiegung unter Gebrauchslast darf für Sparren nach DIN 1052 T.1 8.5.8 l/200 betragen, soll das Dach genutzt werden l/300 (DIN 1052 T.1 8.5.7). Für Kragarme können die doppelten Werte zugelassen werden.

Querschnitt 1 NHGK II □ 8/20 "trocken"

$$u_{\text{Mitte}} = \frac{1,56 \cdot 4,72^2}{10000 \cdot \frac{0,08 \cdot 0,20^3}{12} \cdot 32} \cdot \left( \frac{5}{12} \cdot 4,72^2 - 1,18^2 \right) = 16,1 \text{ mm} \approx \frac{1}{293}$$

$$u_{\text{Kragarm}} = \frac{1,56 \cdot 1,18}{10000 \cdot \frac{0,08 \cdot 0,20^3}{12} \cdot 24} \cdot (3 \cdot 1,18^3 + 4 \cdot 4,72 \cdot 1,18^2 - 4,72^2) = -10,6 \text{ mm} \approx \frac{1}{111}$$

Querschnitt 1 NHGK II □ 10/20 "feucht"

Die E-Moduln werden um 1/6 abgemindert.

$$u_{\text{Mitte}} = \frac{0,08}{0,10} \cdot \frac{6}{5} \cdot 16,1 = 15,5 \text{ mm} \approx \frac{1}{305}$$

$$u_{\text{Kragarm}} = \frac{0,08}{0,10} \cdot \frac{6}{5} \cdot (-10,6) = -10,6 \text{ mm} \approx \frac{1}{116}$$

Querschnitt 1 BS-Holz GK II □ 8/20

wie Querschnitt 1 "trocken"

c)	<b>Vergleich der Ausnutzungsgrade</b>
----	---------------------------------------

		Ausnutzungsgrad Tragsicherheitsn.	Enddurchbiegung Feld	Enddurchbiegung Kragarm
EC 5	C 24 8/20 "trocken"	0,56	l/307 *	l/116 *
	C 24 10/20 "feucht"	-	l/288 *	l/108 *
	GI 24 8/20	0,49	l/307 *	l/116 *
DIN 1052	NHGK II 8/20 "trocken"	0,57	l/293 **	l/111 ***
	NHGK II 10/20 "feucht"	-	l/305 **	l/116 ***
	BS-Holz GK II 8/20	0,52	l/323 **	l/122 ***

\* Die Werte unterschreiten die empfohlenen Werte nach EC 5. Setzt man sich über die Empfehlung hinweg, so kann man den Sparren günstiger als nach DIN 1052 bemessen.

\*\* Die Werte erfüllen sowohl die Anforderungen für Sparren i.a., als auch für Wohn- und Bürodecken.

\*\*\* Läßt man in Analogie zu DIN 1052 8.5.6 um 100 % höhere Durchbiegungen für Kragträger zu, so werden die Anforderungen für Sparren i.a. erfüllt.

Die Ausnutzung der Tragfähigkeit ist bei Berechnung nach beiden Normenwerken etwa gleich groß. Die Vorteile der um 25% erhöhten zulässigen Beanspruchungen im Lastfall HZ nach DIN 1052 wird durch die Kombinationsregeln der Lastfälle und durch die höheren Rechenwerte der Festigkeit für C 24 gegenüber der GK II (S10 / MS10) ausgeglichen.

Die sich nach dem EC 5 ergebenden rechnerischen Durchbiegungen sind grundsätzlich höher als die nach DIN 1052 errechneten. Das liegt daran, daß nach dem EC 5 Langzeitverformungen immer mit dem Faktor  $k_{def}$  zu berücksichtigen sind, nach DIN 1052 nur dann, wenn das Verhältnis  $g/q \geq 0,5$  ist. Auffallend große Unterschiede ergeben sich bei den hier betrachteten Sparren nicht, da für die Klasse C 24 mit einem höheren Elastizitätsmodul gerechnet werden kann als für die Klasse S10 / MS10. Die Langzeitverformungen sind auch relativ klein, da diese lediglich für das Eigengewicht ermittelt wurden, während für die Verformungen unter als kurz wirkend angenommenen Schnee- und Windlasten in den Nutzungsklassen 1 und 2 (unter Dach) nur die elastischen Anteile angesetzt werden dürfen. Für in halbtrockenem Zustand eingebautes Holz (hier als *feucht* bezeichnet) wird die Zunahme der Verformung im EC 5 durch eine Vergrößerung von  $k_{def}$  um den Wert 1 berücksichtigt. Der Bearbeiter hat nach DIN 1052 die Zunahme der Verformung durch eine Abminderung des Elastizitätsmoduls mit dem Faktor 5/6 berücksichtigt. Dies wird jedoch in der Praxis im allgemeinen nicht gemacht.

Sparren werden nach DIN 1052 in der Regel durch Einhaltung der zulässigen Durchbiegungen bemessen. Bei Einbau halbtrockenen Holzes ergeben sich nach dem EC 5 zum Teil wesentlich höhere rechnerische Durchbiegungen. Die Durchbiegungsbeschränkungen des EC 5 sind als Empfehlungen formuliert. Es obliegt somit dem Tragwerksplaner, Beschränkungen der rechnerischen Durchbiegungen verantwortlich vorzunehmen, wobei ihm der EC 5 zur Ermittlung der tatsächlich zu erwartenden Größenordnungen der Durchbiegungen ein wesentlich geeigneteres Handwerkszeug bietet als DIN 1052.

### 3.4 Koppelpfetten

a) Berechnung nach ENV 1995-1-1

#### 3.4.1.a Bauteilbeschreibung

Es wird ein Koppelpfettenstrang über n Felder von je 6 m Länge in Vollholz C 24 ausgeführt. Die Koppelung erfolgt mit glattschaftigen Nägeln. Die Dachneigung beträgt  $10^\circ$ , der Pfettenabstand  $e = 1,15$  m.

#### 3.4.2.a Statisches System

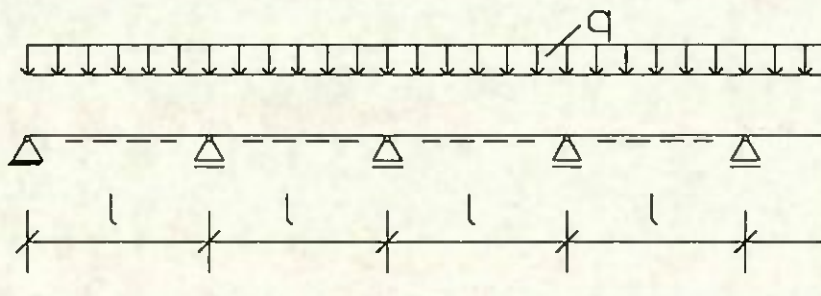


Abb. 9: statisches System, Koppelpfetten

#### 3.4.3.a Einwirkungen

##### 3.4.3.1.a charakteristische Werte der Einwirkungen

##### ständige Einwirkungen

alle Einwirkungen nach DIN 1055

Faserzementwellplatten		0,20 kN/m <sup>2</sup> Dfl.
Dämmung		0,06 kN/m <sup>2</sup> Dfl.
Pfetten und Verbände		<u>0,10</u> kN/m <sup>2</sup> Dfl.
	$g =$	0,36 kN/m <sup>2</sup> Dfl.
	$G = g / \cos 10^\circ =$	0,37 kN/m <sup>2</sup> Gfl.

##### veränderliche Einwirkungen

Schnee:  $Q = 0,75$  kN/m<sup>2</sup> Gfl.  
 Der Wind wirkt entlastend

#### 3.4.3.2.a Bemessungswert der Einwirkungen

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \quad \text{s. EC 5 Gl. (2.3.2.2a)}$$

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50 \text{ für ungünstige Einwirkungen} \quad \text{s. EC 5 Tab. 2.3.3.1}$$

$$q_{z,d} = e \cdot \cos^2 10^\circ \cdot \{ \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q \} = 1,81 \text{ kN/m}$$

$$q_{y,d} = e \cdot \sin 10^\circ \cdot \cos 10^\circ \cdot \{ \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q \} = 0,31 \text{ kN/m}$$



### 3.4.4.a Bemessungswert der Beanspruchungen

$$M_{y,z,d} = \eta \cdot q_{z,y,d} \cdot l^2$$

	$\eta$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$
	[1]	[kNm]	[kNm]
Endfeld	0,078	5,09	0,87
1. Innenfeld	0,036	2,35	0,40
übrige Innenfelder	0,046	3,00	0,51

### 3.4.5.a Baustoffeigenschaften

Für die nachfolgende Bemessung wurde die Festigkeitsklasse C 24 gewählt. Festigkeits- und Steifigkeitswerte aus prEN 338 Tab. 1. Siehe auch Berechnung der Pendelstütze.

### 3.4.6.a Grenzzustände der Tragfähigkeit

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

s. EC 5 Gl. (5.1.6a u. 5.1.6b)

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

mit  $k_m = 0,7$  für Rechteckquerschnitte

s. EC 5 5.1.6(2)

#### Endfeld

gew.: Vollholz C 24 □ 11/16

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = 16,62 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = 10,85 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = 2,69 \text{ MN/m}^2$$

$$\Rightarrow \frac{10,85}{16,62} + \frac{2,69 \cdot 0,7}{16,62} = 0,77 \leq 1,00$$

#### 1. Innenfeld

gew.: Vollholz C 24 □ 6/16

$$\sigma_{m,y,d} = 9,18 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = 4,17 \text{ MN/m}^2$$

$$\Rightarrow \frac{9,18}{16,62} + \frac{4,17 \cdot 0,7}{16,62} = 0,73 \leq 1,00$$

übrige Innenfelder

gew.: Vollholz C 24 □ 7/16

$$\sigma_{m,y,d} = 10,04 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = 3,90 \text{ MN/m}^2$$

$$\Rightarrow \frac{10,04}{16,62} + \frac{3,90 \cdot 0,7}{16,62} = 0,77 \leq 1,00$$

**3.4.7.a Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit****3.4.7.1.a Bemessungswert der Einwirkungen**

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,l} \quad \text{s. EC 5 Gl. (4.1a)}$$

$$q_z^G = e \cdot \cos^2 10^\circ \cdot G = 0,41 \text{ kN/m}^2; \quad q_y^G = e \cdot \cos 10^\circ \cdot \sin 10^\circ \cdot G = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

$$q_z^Q = e \cdot \cos^2 10^\circ \cdot Q = 0,84 \text{ kN/m}^2; \quad q_y^Q = e \cdot \cos 10^\circ \cdot \sin 10^\circ \cdot Q = 0,15 \text{ kN/m}^2$$

$$u_{2,inst,z,y} = k \cdot \frac{q_{z,y}^Q \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_{z,y}}; \quad u_{2,inst} = \sqrt{u_{2,inst,y}^2 + u_{2,inst,z}^2}$$

Die Ermittlung von  $u_{2,fin}$  ist hier nicht erforderlich, da inf.  $k_{def} = 0$  für Schnee  $u_{2,inst} = u_{2,fin}$  ist.

$$u_{net,fin,z,y} = k \cdot \frac{q_{z,y}^Q + q_{z,y}^G \cdot (1 + k_{def})}{E_{0,mean} \cdot I_{z,y}} \cdot l^4; \quad u_{net,fin} = \sqrt{u_{net,fin,y}^2 + u_{net,fin,z}^2}$$

**3.4.7.2.a Beiwerte  $k_{def}$  zur Berücksichtigung von Langzeitverformungen**

$$k_{def} = 0,60 \quad \text{für ständige Lasten}$$

**3.4.7.3.a Ermittlung der Durchbiegungen**

Die Empfehlungen für Durchbiegungen im EC 5 lauten wie folgt:

$$\text{f. Verkehrslasten} \quad u_{2,inst} \leq 1/300$$

$$\text{f. Verkehrslasten} \quad u_{2,fin} \leq 1/200$$

$$\text{f. Gesamtlast} \quad u_{net,fin} \leq 1/200$$

Endfeld:

$$k = 0,0064; \quad I_y = 3754 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4; \quad I_z = 1774 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4; \quad l = 6,0 \text{ m}; \quad E_{0,mean} = 11.000 \text{ MN/m}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} u_{2,inst,z} = 16,9 \text{ mm} \\ u_{2,inst,y} = 6,3 \text{ mm} \end{array} \right\} u_{2,inst} = u_{2,fin} = \sqrt{(16,9^2 + 6,3^2)} = 18 \text{ mm} = \frac{1}{333}$$

$$u_{net,fin} = \frac{1,6 \cdot 0,41 + 0,84}{0,84} \cdot 18,0 = 1,78 \cdot 18,0 = 32,1 \text{ mm} = \frac{1}{187}$$

1. Innenfeld

$$k = 0,0019; \quad I_y = 2048 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4; \quad I_z = 288 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\left. \begin{array}{l} u_{2,inst,z} = 9,2 \text{ mm} \\ u_{2,inst,y} = 11,7 \text{ mm} \end{array} \right\} u_{2,inst} = u_{2,fin} = \sqrt{(11,7^2 + 9,2^2)} = 14,9 \text{ mm} = \frac{1}{403}$$

$$u_{net,fin} = \frac{1,6 \cdot 0,41 + 0,84}{0,84} \cdot 14,9 = 1,78 \cdot 14,9 = 26,5 \text{ mm} = \frac{1}{226}$$

übrige Innenfelder

$$k = 0,0031; \quad I_y = 2389 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4; \quad I_z = 457 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\left. \begin{array}{l} u_{2,inst,z} = 12,8 \text{ mm} \\ u_{2,inst,y} = 12,0 \text{ mm} \end{array} \right\} u_{2,inst} = u_{2,fin} = \sqrt{(12,8^2 + 12,0^2)} = 17,5 \text{ mm} = \frac{1}{342}$$

$$u_{net,fin} = \frac{1,6 \cdot 0,41 + 0,84}{0,84} \cdot 17,5 = 1,78 \cdot 17,5 = 31,2 \text{ mm} = \frac{1}{192}$$

**b) Berechnung nach DIN 1052**

**3.4.1.b Bauteilbeschreibung und statisches System**

wie bei der Berechnung nach ENV 1995-1-1, Ausführung in NHGK II

**3.4.2.b Belastungen**

Die Belastungen entsprechen den charakteristischen Werten der Einwirkungen der Berechnung nach ENV 1995-1-1

$$q_z = 1,15 \cdot \cos^2 10^\circ \cdot (0,37 + 0,75) = 1,25 \text{ kN/m}$$

$$q_y = 1,15 \cdot \sin 10^\circ \cdot \cos 10^\circ \cdot (0,37 + 0,75) = 0,22 \text{ kN/m}$$

**3.4.3.b Schnittgrößen**

$$M_{y,z} = \eta \cdot q_{zy} \cdot l^2$$

	$\eta$	$M_y$	$M_z$
	[1]	[kNm]	[kNm]
Endfeld	0,078	3,52	0,62
1. Innenfeld	0,036	1,62	0,28
übrige Innenfelder	0,046	2,07	0,36



**3.4.4.b Tragfähigkeitsnachweis**

$$\frac{\frac{M_y}{W_y} + \frac{M_z}{W_z}}{\text{zul } \sigma_B} \leq 1,0$$

Endfeld

gew.: NHGK II  11/16

$$\frac{7,50 + 1,92}{10} = 0,94 \leq 1,0$$

1. Innenfeld

gew.: NHGK II  6/16

$$\frac{6,33 + 2,92}{10} = 0,93 \leq 1,0$$

übrige Innenfelder

gew.: NHGK II  7/16

$$\frac{6,93 + 2,76}{10} = 0,97 \leq 1,0$$

**3.4.5.b Gebrauchstauglichkeitsnachweis**

$$u_{z,y} = k \cdot \frac{q_{z,y} \cdot l^4}{E_{II} \cdot I_{z,y}}; \quad u_{ges} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} \leq \frac{l}{200}$$

s. DIN 1052 T.1 8.5.8

	k	u <sub>z</sub>	u <sub>y</sub>	u <sub>ges</sub>	l/u <sub>ges</sub>
	[1]	[mm]	[mm]	[mm]	[1]
Endfeld	0,0064	27,6	10,3	29,5	1/203
1. Innenfeld	0,0019	15,0	18,8	24,1	1/249
übrige Innenf.	0,0031	21,0	19,3	28,5	1/211

c)	<b>Vergleich der Ausnutzungsgrade</b>
----	---------------------------------------

		ENV 1995-1-1 C 24	DIN 1052 NHGK II
Endfeld	Ausnutzungsgrad des Tragsicherheitsnachw.	0,77	0,94
	Enddurchbiegung Verkehrslast	1/333	- *
	Enddurchbiegung Gesamtlast	1/187 **	1/203
1. Innenfeld	Ausnutzungsgrad des Tragsicherheitsnachw.	0,73	0,93
	Enddurchbiegung Verkehrslast	1/403	- *
	Enddurchbiegung Gesamtlast	1/226 **	1/249
übrige Innenf.	Ausnutzungsgrad des Tragsicherheitsnachw.	0,77	0,97
	Enddurchbiegung Verkehrslast	1/342	- *
	Enddurchbiegung Gesamtlast	1/192 **	1/211

\* Eine Beschränkung bzgl. der Durchbiegung unter Verkehrslast für Pfetten ist in DIN 1052 T.1 8.5.6 nicht enthalten.

\*\* Die Werte nach ENV 1995-1-1 sind *Empfehlungen*. Setzt man sich über diese Empfehlungen hinweg, so können die Pfetten günstiger als nach DIN 1052 bemessen werden.

Die rechnerische Tragfähigkeit ist bei Koppelpfetten der Klasse C 24 bei Berechnung nach dem EC 5 größer als bei Berechnung nach DIN 1052 für die Klasse S10 / MS10. Der Lastfall HZ wird hier nicht angesetzt, da die Einwirkungen aus Wind in der Regel als Sog entlastend wirken und nicht berücksichtigt werden. Außerdem sind die Rechenwerte der Festigkeit für C 24 größer gegenüber der GK II (S10 / MS10). Von besonderem Einfluß ist die im EC 5 gebotene Möglichkeit, bei Doppelbiegung den Spannungsanteil aus einem der beiden angreifenden Biegemomente auf 70 % des vollen Wertes zu verringern

Die sich nach dem EC 5 ergebenden rechnerischen Durchbiegungen sind grundsätzlich höher als die nach DIN 1052 errechneten. Das liegt daran, daß nach dem EC 5 Langzeitverformungen immer mit dem Faktor  $k_{def}$  zu berücksichtigen sind, nach DIN 1052 nur dann, wenn das Verhältnis  $g/q \geq 0,5$  ist. Die berechneten Durchbiegungen sind für das betrachtete Beispiel nach EC 5 höher als nach DIN 1052, obgleich die Klasse C 24 mit einem höheren Rechenwert des Elastizitätsmoduls versehen ist als die Klasse S10 / MS10. Dabei wurde unterstellt, daß trockenes Holz verwendet wird. Ist dieses beim Einbau lediglich halbtrocken, so errechnet sich die größte Durchbiegung im Endfeld zu 1/147 anstelle von 1/187. Es obliegt somit dem Tragwerksplaner, Beschränkungen der rechnerischen Durchbiegungen verantwortlich vorzunehmen, wobei ihm der EC 5 zur Ermittlung der tatsächlich zu erwartenden Größenordnungen der Durchbiegungen ein wesentlich geeigneteres Handwerkszeug bietet als DIN 1052.

### 3.5 Durchlaufpfetten

#### a) Berechnung nach ENV 1995-1-1

##### 3.5.1.a Bauteilbeschreibung

Es wird eine Durchlaufpfette über 3 Felder von je 4 m Länge in Vollholz C 24 alternativ in BS-Holz Gl 24 ausgeführt. Die Dachneigung beträgt  $32^\circ$ . Die Pfette wird in 1m Abständen von den Auflagerkräften des Sparrens am Auflager b belastet.

##### 3.5.2.a Statisches System

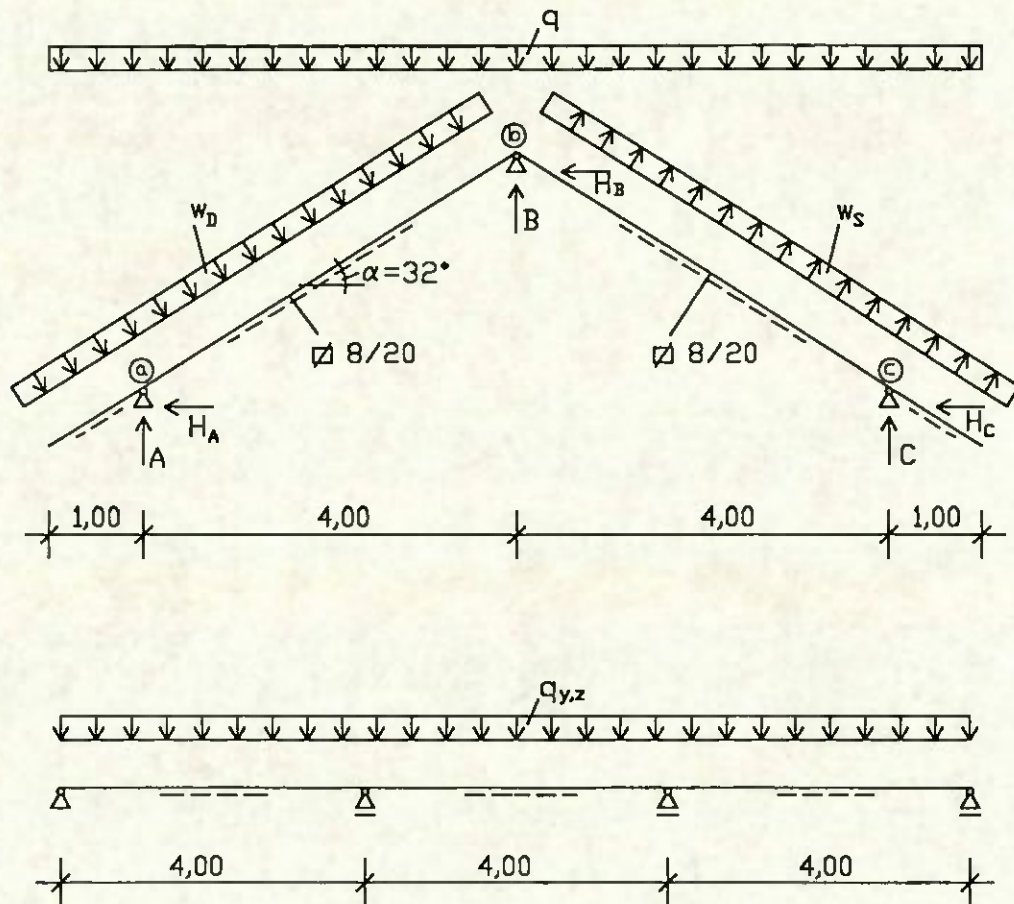


Abb. 10: statisches System, Durchlaufpfette

##### 3.5.3.a Einwirkungen

##### 3.5.3.1.a charakteristische Werte der Einwirkungen

ständige Einwirkungen

alle Einwirkungen nach DIN 1055

siehe auch Berechnung Sparren	$g_G =$	0,77 kN/m <sup>2</sup> Gfl.
	$g_I =$	0,55 kN/m <sup>2</sup> Dfl.
	$g_{II} =$	0,34 kN/m <sup>2</sup> Dfl.
Eigengewicht Durchlaufpfette		0,20 kN/m



veränderliche EinwirkungenSchnee:

siehe auch Berechnung Sparren $\bar{s} =$	0,71 kN/m <sup>2</sup> Gfl.
$s_{\perp} =$	0,51 kN/m <sup>2</sup> Dfl.
$s_{//} =$	0,32 kN/m <sup>2</sup> Dfl.

Wind:

$$w_D = 1,25 \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 0,50 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$$

$$w_S = 1,25 \cdot 0,8 \cdot (-0,6) = -0,60 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$$

**3.5.3.2.a Kombinationsbeiwerte**

Schnee:  $\psi_{0,1} = 0,70$

s. Entwurf NAD

Wind:  $\psi_{0,2} = 0,60$

**3.5.3.3.a Bemessungswert der Einwirkungen**

$\gamma_G = 1,35$

s. EC 5 Tab. 2.3.3.1

$\gamma_Q = 1,50$  für ungünstige Einwirkungen

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

s. EC 5 Gl. (2.3.2.2a)

Kombination 1 (Eigengewicht + Schnee + Wind):

$q = 2,10 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl.}$

$w_D = 0,45 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$

$w_S = -0,54 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$

$B = 7,9 \text{ kN} \Rightarrow q_z = 7,9 + 0,2 \cdot 1,35 = 8,17 \text{ kN/m}$

$H_B = 1,2 \text{ kN} \Rightarrow q_y = 1,2 \text{ kN/m}$

Kombination 2 (Eigengewicht + Wind + Schnee):

$q = 1,79 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl.}$

$w_D = 0,75 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$

$w_S = -0,90 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$

$B = 6,6 \text{ kN} \Rightarrow q_z = 6,6 + 0,2 \cdot 1,35 = 6,87 \text{ kN/m}$

$H_B = 1,9 \text{ kN} \Rightarrow q_y = 1,9 \text{ kN/m}$

**3.5.4.a Bemessungswert der Beanspruchungen**

$$M_{y,z,d} = \eta \cdot q_{z,y,d} \cdot l^2$$

	$\eta$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$
	[1]	[kNm]	[kNm]
1. Kombination	-0,10	-13,1	-1,92
2. Kombination	-0,10	-11,0	-3,04

**3.5.5.a Baustoffeigenschaften**

Für die nachfolgende Bemessung wurde Vollholz C 24 alternativ BS-Holz Gl 24 gewählt. Festigkeits- und Steifigkeitswerte aus prEN 1194 Tab. 1 bzw. prEN 338 Tab. 1. Siehe auch Berechnung der Pendelstütze und der eingespannten Stütze.

**3.5.6.a Grenzzustände der Tragfähigkeit**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d} \cdot k_h} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d} \cdot k_h} \leq 1 \quad \text{s. EC 5 Gl. (5.1.6a u. 5.1.6b)}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d} \cdot k_h} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d} \cdot k_h} \leq 1$$

mit  $k_m = 0,7$  für Rechteckquerschnitte s. EC 5 5.1.6(2)

Für Vollholz mit Abmessungen  $\leq 150$  mm, können die charakteristischen Biege- und Zugfestigkeiten mit  $k_h$  erhöht werden (s. EC 5 3.2.2(5)).

Dabei ist: 
$$k_h = \min. \begin{cases} (150/h)^{0,2} \\ 1,3 \end{cases}$$

Im Entwurf zum NAD ist diese Regelung allerdings für Bauholz nach DIN 4074 T.1 nicht vorgesehen.

Für BS-Holz mit Abmessungen  $\leq 600$  mm, können die charakteristischen Biege- und Zugfestigkeiten mit  $k_h$  erhöht werden (s. EC 5 3.3.2(4)).

Dabei ist: 
$$k_h = \min. \begin{cases} (600/h)^{0,2} \\ 1,15 \end{cases}$$

Die Stützmente sind maßgebend.

gew.: Vollholz C 24  12/22

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = 16,62 \text{ MN/m}^2; \quad k_h = 1,0$$

$$\text{Kombination 1: } \frac{13,53}{16,62} + \frac{3,64 \cdot 0,7}{16,62} = 0,97 \leq 1,00$$

$$\text{Kombination 2: } \frac{11,36}{16,62} + \frac{5,76 \cdot 0,7}{16,62} = 0,93 \leq 1,00$$

gew.: BS-Holz Gl 24 □ 10/22

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = 16,62 \text{ MN/m}^2; \quad k_h = 1,15$$

$$\text{Kombination 1: } \frac{16,24}{16,62 \cdot 1,15} + \frac{5,24 \cdot 0,7}{16,62 \cdot 1,15} = 1,04 \approx 1,00$$

$$\text{Kombination 2: } \frac{13,63}{16,62 \cdot 1,15} + \frac{8,29 \cdot 0,7}{16,62 \cdot 1,15} = 1,02 \approx 1,00$$

### 3.5.7.a Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

$$u_{z,y} = 0,0068 \cdot \frac{q_{z,y} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_{z,y}}$$

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{s. EC 5 Gl. (4.1a)}$$

#### 3.5.7.1.a Kombinationsbeiwerte

$$\text{Schnee: } \psi_{1,1} = 0,50$$

s. Entwurf NAD

$$\text{Wind: } \psi_{1,2} = 0,20$$

#### 3.5.7.2.a Bemessungswerte der Einwirkungen

##### 1. Wind und Schnee

$$p = 0,5 \cdot 0,71 = 0,36 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl.}$$

$$w_D = 0,50 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$$

$$w_S = -0,60 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$$

$$B = 1,2 \text{ kN} \quad \Rightarrow q_z^p = 1,2 \text{ kN/m}$$

$$H_B = 1,3 \text{ kN} \quad \Rightarrow q_y^p = 1,3 \text{ kN/m}$$

##### 2. Eigengewicht

$$g = 0,77 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl.}$$

$$B = 2,90 \text{ kN} \quad \Rightarrow q_z^g = 2,90 + 0,2 = 3,10 \text{ kN/m}$$

#### 3.5.7.3.a Beiwerte $k_{def}$ zur Berücksichtigung von Langzeitverformungen

Besteht eine Lastkombination aus Einwirkungen, die zu verschiedenen Klassen der Lasteinwirkungsdauer gehören, dann sind die Durchbiegungsanteile der unterschiedlichen Einwirkungen mit den jeweils entsprechenden Werten für  $k_{def}$  zu ermitteln (s. EC 5 4.1(6)).



für die Nutzungsklasse 1, BS-Holz und "trockenes" Vollholz:

Lasteinwirkungsdauer:	$k_{def}$ :
ständig	0,60
kurz	0,00

für die Nutzungsklasse 1, Vollholz mit einer Feuchte nahe des Fasersättigungsgrades, das im eingebauten Zustand austrocknen kann:

Die  $k_{def}$  - Werte sind um 1,0 zu erhöhen (s. Fußnote zu EC 5 Tab. 4.1).<sup>5</sup>

Lasteinwirkungsdauer:	$k_{def}$ :
ständig	1,60
kurz	0,00

### 3.5.7.4.a Ermittlung der Durchbiegungen

Die Empfehlungen für Durchbiegungen im EC 5 lauten wie folgt:

f. Verkehrslasten	$u_{2,inst} \leq 1/300$
f. Verkehrslasten	$u_{2,fin} \leq 1/200$
f. Gesamtlast	$u_{net,fin} \leq 1/200$

Vollholz C 24 □ 12/22 "trocken"

$$E_{0,mean} = 11.000 \text{ MN/m}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} u_{2,inst,z} = 1,8 \text{ mm} \\ u_{2,inst,y} = 6,5 \text{ mm} \end{array} \right\} u_{2,inst} = u_{2,fin} = \sqrt{(1,8^2 + 6,5^2)} = 6,8 \text{ mm} = \frac{1}{588}$$

$$\left. \begin{array}{l} u_{net,fin,z} = \frac{2,90 \cdot (1 + 0,6) + 1,2}{1,2} \cdot 1,8 = 8,8 \text{ mm} \\ u_{2,inst,y} = 6,5 \text{ mm} \end{array} \right\} u_{net,fin} = \sqrt{(8,8^2 + 6,5^2)} = 10,9 \text{ mm} = \frac{1}{367}$$

Vollholz C 24 □ 12/22 "feucht"

$$E_{0,mean} = 11.000 \text{ MN/m}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} u_{2,inst,z} = 1,8 \text{ mm} \\ u_{2,inst,y} = 6,5 \text{ mm} \end{array} \right\} u_{2,inst} = u_{2,fin} = \sqrt{(1,8^2 + 6,5^2)} = 6,8 \text{ mm} = \frac{1}{588}$$

$$\left. \begin{array}{l} u_{net,fin,z} = \frac{2,90 \cdot (1 + 1,6) + 1,2}{1,2} \cdot 1,8 = 13,1 \text{ mm} \\ u_{2,inst,y} = 6,5 \text{ mm} \end{array} \right\} u_{net,fin} = \sqrt{(13,1^2 + 6,5^2)} = 14,6 \text{ mm} = \frac{1}{273}$$

<sup>5</sup>Die Erhöhung für kurzfristige Belastungen wie Wind ist zwar formal erforderlich, erscheint aber nicht sinnvoll.

BS-Holz Gl 24 □ 10/22

$$E_{0,mean} = 11.000 \text{ MN} / \text{m}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} u_{2,inst,z} = 2,2 \text{ mm} \\ u_{2,inst,y} = 11,2 \text{ mm} \end{array} \right\} u_{2,inst} = u_{2,fin} = \sqrt{(2,2^2 + 11,2^2)} = 11,5 \text{ mm} = \frac{l}{350}$$

$$\left. \begin{array}{l} u_{net,fin,z} = \frac{2,90 \cdot (1+0,6) + 1,2}{1,2} \cdot 2,2 = 10,7 \text{ mm} \\ u_{2,inst,y} = 11,2 \text{ mm} \end{array} \right\} u_{net,fin} = \sqrt{(10,7^2 + 11,2^2)} = 15,5 \text{ mm} = \frac{l}{258}$$

**b) Berechnung nach DIN 1052**

**3.5.1.b Bauteilbeschreibung und statisches System**

wie bei der Berechnung nach ENV 1995-1-1, Ausführung in NHGK II alternativ in BS-Holz GK II

**3.5.2.b Belastungen**

Die Belastungen entsprechen den charakteristischen Werten der Einwirkungen der Berechnung nach ENV 1995-1-1

$$p = 0,71 \text{ kN} / \text{m}^2 \text{ Gfl.}$$

$$w_D = 0,50 \text{ kN} / \text{m}^2 \text{ Dfl.}$$

$$w_S = -0,60 \text{ kN} / \text{m}^2 \text{ Dfl.}$$

$$B = 5,50 \text{ kN} \quad \Rightarrow q_z^p = 5,50 + 0,20 = 5,70 \text{ kN} / \text{m}$$

$$H_B = 1,30 \text{ kN} \quad \Rightarrow q_y^p = 1,30 \text{ kN} / \text{m}$$

**3.5.3.b Schnittgrößen**

$$M_{y,z} = \eta \cdot q_{zy} \cdot l^2$$

	$\eta$	$M_y$	$M_z$
	[1]	[kNm]	[kNm]
Stützmoment	-0,10	-9,12	-2,08
Feldmoment	0,08	7,30	1,66

**3.5.4.b Tragfähigkeitsnachweis**

maßgebend sind die Stützmente

$$\frac{\frac{M_y}{W_y} + \frac{M_z}{W_z}}{1,25 \cdot 1,1 \cdot \text{zul } \sigma_B} \leq 1,0$$

s. DIN 1052 T.1 5.1.8

gew.: NHGK II □ 12/22

$$\frac{9,42 + 3,94}{1,25 \cdot 1,1 \cdot 10} = 0,97 \leq 1,0$$

gew.: BS-Holz GK II □ 10/22

$$\frac{11,3 + 5,67}{1,25 \cdot 1,1 \cdot 11} = 0,99 \leq 1,0$$

### 3.5.5.b Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$$u_{z,y} = 0,0068 \cdot \frac{q_{z,y} \cdot l^4}{E_{//} \cdot I_{z,y}}; \quad u_{\text{ges}} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} \leq \frac{l}{200} \quad \text{s. DIN 1052 T.1 8.5.8}$$

$$\leq \frac{l}{300} \quad \text{s. DIN 1052 T.1 8.5.7}$$

vorh.: NHGK II □ 12/22 "trocken"

$$\left. \begin{aligned} u_y &= 0,0068 \cdot \frac{5,7 \cdot 4^4}{10000 \cdot \left( \frac{0,12 \cdot 0,22^3}{12} \right)} = 9,3 \text{ mm} \\ u_z &= 0,0068 \cdot \frac{1,30 \cdot 4^4}{10000 \cdot \left( \frac{0,22 \cdot 0,12^3}{12} \right)} = 7,1 \text{ mm} \end{aligned} \right\} u_{\text{ges}} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = 11,8 \text{ mm} = \frac{l}{341}$$

vorh.: NHGK II □ 12/22 "feucht"

Für Bauteile mit vorübergehender Durchfeuchtung sind die E-Moduln um 1/6 abzumindern

$$u_{\text{ges}} = \frac{6}{5} \cdot 11,8 \text{ mm} = 14,2 \text{ mm} = \frac{l}{282}$$

vorh.: BS-Holz GK II □ 10/22

$$\left. \begin{aligned} u_y &= 0,0068 \cdot \frac{5,7 \cdot 4^4}{11000 \cdot \left( \frac{0,10 \cdot 0,22^3}{12} \right)} = 10,1 \text{ mm} \\ u_z &= 0,0068 \cdot \frac{1,30 \cdot 4^4}{11000 \cdot \left( \frac{0,22 \cdot 0,10^3}{12} \right)} = 11,2 \text{ mm} \end{aligned} \right\} u_{\text{ges}} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = 15,1 \text{ mm} = \frac{l}{265}$$



c)	<b>Vergleich der Ausnutzungsgrade</b>					
----	---------------------------------------	--	--	--	--	--

	ENV 1995-1-1			DIN 1052		
	C 24 12/22 trocken	C24 12/22 feucht	GI 10/22	NHGK II trocken	NHGK II feucht	BS-Holz GK II
Ausnutzungsgrad des Tragsicher- heitsnachweis	0,97	0,97	1,04	0,97 *	0,97 *	0,99 *
Enddurchbiegung Verkehrslast	1/588	1/588	1/350	-	-	-
Enddurchbiegung Gesamtlast	1/367	1/273	1/258	1/341	1/282	1/265

\* Die Möglichkeit der Erhöhung der zulässigen Spannungen über Innenauflagern von Durchlaufträgern, führt hier zu einem günstigerem Abschneiden der DIN 1052 gegenüber ENV 1995-1-1 als bei den Koppelpfetten.

Die Verformungen sind für die Dimensionierung von Pfetten von Hausdächern im allgemeinen von geringerer Bedeutung als für Sparren oder Koppelpfetten. Für die Berechnung der Durchbiegung halbtrocken (feucht) eingebauten Holzes nach DIN 1052 wurde der Rechenwert des Elastizitätsmoduls mit dem Faktor 5/6 abgemindert, obgleich dies in der Praxis in der Regel nicht gemacht wird.

### 3.6 Deckenbalken, Unterzug und Pfosten eines Skelettbbaus

#### a) Berechnung nach ENV 1995-1-1

##### 3.6.1.a Bauteilbeschreibung

In der folgenden Berechnung sollen Teile eines kombinierten Büro- und Wohngebäudes in Skelettbauweise bemessen werden.

Dabei soll zwischen der Nutzung als Raum einer Bibliothek und als Büroraum i.a. unterschieden werden.

Die Nutzungsklasse sei 1, Unterzug und Deckenbalken werden ohne Überhöhung eingebaut.

##### 3.6.2.a Statisches System

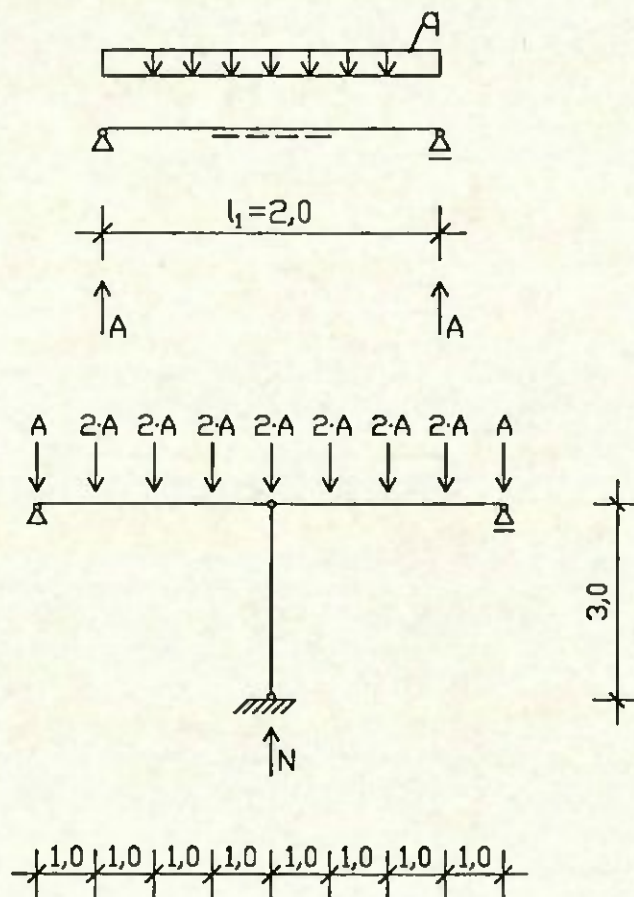


Abb. 11: Statische Systeme

##### 3.6.3.a Einwirkungen

###### 3.6.3.1.a charakteristische Werte der Einwirkungen

s. DIN 1055 T.3

###### ständige Einwirkungen

Eigengewicht der Decke  $g = 2,00 \text{ kN/m}^2$

###### veränderliche Einwirkungen

a) Wohn- und Bürogebäude  $p = 2,00 \text{ kN/m}^2$

Ohne ausreichende Querverteilung der Lasten.  
Bei Weiterleitung auf stützende Bauteile darf diese Verkehrslast auf 1,5 kN/m<sup>2</sup> abgemindert werden.

b) Bibliothek  $p = 5,00 \text{ kN/m}^2$

**3.6.3.2.a Bemessungswert der Einwirkungen**

$\gamma_G = 1,35$

$\gamma_Q = 1,50$  für ungünstige Einwirkungen

s. EC 5 Tab. 2.3.3.1

$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i}$

s. EC 5 Gl. (2.3.2.2a)

a) Wohn- und Bürogebäude

Eigengewicht + Verkehrslast  $q = 1,35 \cdot 2 + 1,5 \cdot 2 = 5,70 \text{ kN/m}^2$

b) Bürogebäude

Eigengewicht + Verkehrslast  $q = 1,35 \cdot 2 + 1,5 \cdot 5 = 10,20 \text{ kN/m}^2$

**3.6.4.a Bemessungswert der Beanspruchungen**

	a) Wohn- und Bürogebäude	b) Bibliothek
Deckenbalken $\max M = q \cdot \frac{l_1^2}{8}$	2,85 kNm	5,10 kNm
$\max Q = q \cdot \frac{l_1}{2}$	5,70 kN	10,20 kN
Deckenunterzüge $\max M = 2 \cdot q \cdot \frac{l_2^2}{8}$	22,80 kNm	40,80 kNm
$\max Q = 2 \cdot q \cdot \frac{l_2}{2}$	22,80 kN	40,80 kN
Pfosten $\max N = 8 \cdot q$	45,60 kN	81,60 kN

**3.6.5.a Baustoffeigenschaften**

Es wird alternativ für Vollholz C 24 und BS-Holz Gl 24 bemessen.

**3.6.5.1.a charakteristische Werte**

s. Abschn. 3.1 bzw. 3.2

**3.6.5.2.a Bemessungswert der Tragfähigkeit**

Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffeigenschaften

s. EC 5 Tab. 2.3.3.2



Grundkombination:  $\gamma_M = 1,3$

Der Bemessungswert ergibt sich allgemein aus der Gleichung:

$$X_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot X_k}{\gamma_M}$$

$k_{\text{mod}}$  - Werte für die Nutzungsklasse 1

s. EC 5 Tab. 3.1.7

ständig:	0,60	(Eigengewicht)
lang:	0,70	(Bibliothek)
mittel:	0,80	(Verkehrslast)

Maßgebend ist der  $k_{\text{mod}}$  - Wert der Einwirkung mit der kürzesten Lasteinwirkungsdauer (s. EC 5 3.1.7 (2)).

### 3.6.6.a Grenzzustände der Tragfähigkeit

#### Deckenbalken und Deckenunterzüge

$$\frac{\frac{M}{W}}{k_h \cdot \frac{f_{m,k} \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_M}} \leq 1,0$$

#### Pfosten

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}}$$

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2]$$

$$\text{mit: } \lambda_{\text{rel},y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\text{und: } \lambda_y = \frac{s_k}{i_y}$$

Für Vollholz mit Abmessungen  $\leq 150$  mm, können die charakteristischen Biege- und Zugfestigkeiten mit  $k_h$  erhöht werden (s. EC 5 3.2.2(5)).

$$\text{Dabei ist: } k_h = \min. \begin{cases} (150/h)^{0,2} \\ 1,3 \end{cases}$$

Im Entwurf zum NAD wird diese Regelung allerdings für Bauholz nach DIN 4074 T.1 gestrichen!

Für BS-Holz mit Abmessungen  $\leq 600$  mm, können die charakteristischen Biege- und Zugfestigkeiten mit  $k_h$  erhöht werden (s. EC 5 3.3.2(4)).

$$\text{Dabei ist: } k_h = \min. \begin{cases} (600/h)^{0,2} \\ 1,15 \end{cases}$$

		Vollholz C 24							BS-Holz Gl 24							
Deckenbalken	Querschnitt	$\gamma_M$	$k_{mod}$	$f_{m,k}$	$f_{m,d}$	$k_h$	$\sigma_{m,d}$	$\frac{\sigma_{m,d}}{k_h \cdot f_{m,d}}$	Querschnitt	$\gamma_M$	$k_{mod}$	$f_{m,k}$	$f_{m,d}$	$k_h$	$\sigma_{m,d}$	$\frac{\sigma_{m,d}}{k_h \cdot f_{m,d}}$
Wohn- und Bürogebäude	6/14	1,3	0,8	24	14,77	1,0	14,54	0,99	8/12	1,3	0,8	24	14,77	1,15	14,84	0,87
Bibliothek	8/18	1,3	0,7	24	12,92	1,0	11,81	0,92	8/16	1,3	0,7	24	12,92	1,15	14,94	1,01
Deckenunterzug	Querschnitt	$\gamma_M$	$k_{mod}$	$f_{m,k}$	$f_{m,d}$	$k_h$	$\sigma_{m,d}$	$\frac{\sigma_{m,d}}{k_h \cdot f_{m,d}}$	Querschnitt	$\gamma_M$	$k_{mod}$	$f_{m,k}$	$f_{m,d}$	$k_h$	$\sigma_{m,d}$	$\frac{\sigma_{m,d}}{k_h \cdot f_{m,d}}$
Wohn- und Bürogebäude	14/26	1,3	0,8	24	14,77	1,0	14,45	0,98	12/28	1,3	0,8	24	14,77	1,15	14,54	0,86
Bibliothek	22/30	1,3	0,7	24	12,92	1,0	12,36	0,96	14/36	1,3	0,7	24	12,92	1,11	13,49	0,94
Pfosten	Querschnitt	$\gamma_M$	$k_{mod}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,0,d}$	$E_{0,05}$	$\lambda_y$	$\lambda_{rel,y}$	Querschnitt	$\gamma_M$	$k_{mod}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,0,d}$	$E_{0,05}$	$\lambda_y$	$\lambda_{rel,y}$
Wohn- und Bürogebäude	12/12	1,3	0,8	21	12,92	7400	87	1,48	10/10	1,3	0,8	24	14,77	8800	104	1,73
Bibliothek	14/14	1,3	0,7	21	11,31	7400	74	1,25	12/12	1,3	0,7	24	12,92	8800	87	1,45
	$\beta_c$	$k_y$	$k_{c,y}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}}$				$\beta_c$	$k_y$	$k_{c,y}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}}$			
Wohn- und Bürogebäude	0,2	1,69	0,40	3,17	0,61				0,1	2,06	0,31	4,56	1,00			
Bibliothek	0,2	1,36	0,53	4,16	0,69				0,1	1,60	0,44	5,67	1,00			

**3.6.7.a Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit**

$$u_{\text{Mitte}} = \frac{5 \cdot (g \cdot (1 + k_{\text{def}}) + p \cdot (1 + k_{\text{def}})) \cdot l^4}{384 \cdot E_{0,\text{mean}} \cdot I}$$

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,l} + \sum_{i>1} \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i}$$

s. EC 5

Gl. (4.1a)

**3.6.7.2.a Bemessungswerte der Einwirkungen**

<u>Wohn- und Bürogebäude:</u>	g+p= 4,0 kN / m <sup>2</sup>
	p= 2,0 kN / m <sup>2</sup>
<u>Bibliothek:</u>	g+p= 7,0 kN / m <sup>2</sup>
	p= 5,0 kN / m <sup>2</sup>

**3.6.7.3.a Beiwerte  $k_{\text{def}}$  zur Berücksichtigung von Langzeitverformungen**

Besteht eine Lastkombination aus Einwirkungen, die zu verschiedenen Klassen der Lasteinwirkungsdauer gehören, dann sind die Durchbiegungsanteile der unterschiedlichen Einwirkungen mit den jeweils entsprechenden Werten für  $k_{\text{def}}$  zu ermitteln (s. EC 5 4.1(6)).

für die Nutzungsklasse 1, BS-Holz und "trockenes" Vollholz:

Lasteinwirkungsdauer:	$k_{\text{def}}$ :
ständig	0,60
lang	0,50
mittel	0,25

**3.6.7.4.a Ermittlung der Durchbiegungen**

Die Empfehlungen für Durchbiegungen im EC 5 lauten wie folgt:

$$f. \text{ Verkehrslasten} \quad u_{2,\text{inst}} \leq 1/300$$

$$f. \text{ Verkehrslasten} \quad u_{2,\text{fin}} \leq 1/200$$

$$f. \text{ Gesamtlast} \quad u_{\text{net,fin}} \leq 1/200$$

$$u_{2,\text{inst}} = u_{\text{inf,p}}$$

$$u_{2,\text{fin}} = u_{2,\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def},2})$$

$$u_{\text{net,fin}} = u_{\text{inf,g}} \cdot (1 + k_{\text{def},1}) + u_{2,\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def},2})$$



		Wohn- und Bürogebäude				Bibliothek			
		Deckenbalken		Unterzug		Deckenbalken		Unterzug	
		C 24	GI 24	C 24	GI 24	C 24	GI 24	C 24	GI 24
b/h	[cm]	6/14	8/12	14/26	12/28	8/18	8/16	22/30	14/36
I	[cm <sup>4</sup> ]	1372	1152	20505	21952	3888	2731	49500	54432
l	[m]	2	2	4	4	2	2	4	4
E <sub>0,mean</sub>	[MN/m <sup>2</sup> ]	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000
g	[kN/m]	2	2	4	4	2	2	4	4
u <sub>inf,g</sub>	[mm]	2,8	3,3	5,9	5,5	1,0	1,4	2,4	2,2
k <sub>def,1</sub>	[1]	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
p	[kN/m]	2	2	4	4	5	5	10	10
u <sub>inf,p</sub>	[mm]	2,8	3,3	5,9	5,5	1,0	1,4	2,4	2,2
k <sub>def,2</sub>	[1]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50
u <sub>2,inst</sub>	[mm]	2,8	3,3	5,9	5,5	2,5	3,5	6,0	5,5
u <sub>2,fin</sub>	[mm]	3,5	4,1	7,4	6,9	3,8	5,3	9,0	8,3
u <sub>net,fin</sub>	[mm]	8,0	9,4	16,8	15,8	5,4	7,5	12,8	11,8

**b) Berechnung nach DIN 1052**

**3.6.1.b Bauteilbeschreibung und statisches System**

wie bei der Berechnung nach ENV 1995-1-1.  
Die Pfette wird alternativ in NHGK II und BS-Holz GK II bemessen.

**3.6.2.b Belastungen**

Die Belastungen entsprechen den charakteristischen Werten der Berechnung nach ENV 1995-1-1

- a) Wohn- und Bürogebäude      q= 4,0 kN/m<sup>2</sup>
- b) Bibliothek                      g= 7,0 kN/m<sup>2</sup>

**3.6.3.b Schnittgrößen**

	a) Wohn- und Bürogebäude	b) Bibliothek
Deckenbalken max M = $q \cdot \frac{l_1^2}{8}$	2,00 kNm	3,50 kNm
Deckenunterzüge max M = $2 \cdot q \cdot \frac{l_2^2}{8}$	16,00 kNm	28,00 kNm
Pfosten max N = 8 · q	32 kN	56 kN

3.6.4.b Tragfähigkeitsnachweise

Deckenbalken und -unterzüge

$$\frac{M}{W} \leq 1,0$$

Pfosten

$$\frac{N}{A} \leq 1,0$$

	NHGK II				BS-Holz GK II			
Deckenbalken	Querschnitt	M/W	zulσ <sub>B</sub>	$\frac{M/W}{zul\sigma_B}$	Querschnitt	M/W	zulσ <sub>B</sub>	$\frac{M/W}{zul\sigma_B}$
Wohn- und Bürogebäude	6/14	10,2	10	1,02	8/12	10,4	11	0,95
Bibliothek	8/18	8,10	10	0,81	8/16	10,3	11	0,93
Deckenunterzug	Querschnitt	M/W	zulσ <sub>B</sub>	$\frac{M/W}{zul\sigma_B}$	Querschnitt	M/W	zulσ <sub>B</sub>	$\frac{M/W}{zul\sigma_B}$
Wohn- und Bürogebäude	14/26	10,1	10	1,01	12/28	10,2	11	0,93
Bibliothek	22/30	8,48	10	0,85	14/36	9,26	11	0,84
Pfosten	Querschnitt	λ	zulσ <sub>K</sub>	$\frac{N/A}{zul\sigma_K}$	Querschnitt	λ	zulσ <sub>K</sub>	$\frac{N/A}{zul\sigma_K}$
Wohn- und Bürogebäude	12/12	87	3,46	0,64	10/10	104	2,86	0,98
Bibliothek	14/14	74	4,25	0,67	12/12	87	4,09	0,95

3.6.5.b Gebrauchstauglichkeitsnachweis

$$u_{Mitz} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} \leq \frac{l}{300}$$

		Büro- und Wohngebäude				Bibliothek			
		Deckenbalken		Unterzug		Deckenbalken		Unterzug	
		NH GK II	BS-Holz GK II	NH GK II	BS-Holz GK II	NH GK II	BS-Holz GK II	NH GK II	BS-Holz GK II
$b/h$	[cm]	6/14	8/12	14/26	12/28	8/18	8/16	22/30	14/36
I	[cm <sup>4</sup> ]	1372	1152	20505	21952	3888	2731	49500	54432
l	[m]	2	2	4	4	2	2	4	4
$E_I$	[MN/m <sup>2</sup> ]	10000	11000	10000	11000	10000	11000	10000	11000
q	[kN/m]	4	4	8	8	7	7	14	14
$u_{\text{Mitte}}$	[mm]	$6,1 = \frac{1}{328}$	$6,6 = \frac{1}{303}$	$13,0 = \frac{1}{308}$	$11,0 = \frac{1}{362}$	$3,8 = \frac{1}{526}$	$4,9 = \frac{1}{408}$	$9,4 = \frac{1}{426}$	$7,8 = \frac{1}{512}$

**c) Vergleich der Ausnutzungsgrade**

	ENV 1995-1-1				DIN 1052			
	Wohn- und Bürogebäude		Bibliothek		Wohn- und Bürogebäude		Bibliothek	
	C 24	GI 24	C 24	GI 24	NH GK II	BSH GK II	NH GK II	BSH GK II
Deckenbalken	6/14	8/12	8/18	8/16	6/14	8/12	8/18	8/16
Ausnutzungsgrad	0,99	0,87	0,92	1,01	1,02	0,95	0,81	0,93
el. Anfangsdurchbiegung (Verkehrslast)	$\frac{1}{714}$	$\frac{1}{606}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{571}$				
Enddurchbiegung (Verkehrslast)	$\frac{1}{571}$	$\frac{1}{488}$	$\frac{1}{526}$	$\frac{1}{377}$				
Enddurchbiegung (Gesamtlast)	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{212}$	$\frac{1}{370}$	$\frac{1}{267}$	$\frac{1}{328}$	$\frac{1}{303}$	$\frac{1}{526}$	$\frac{1}{408}$
Deckenunterzug	14/26	12/28	22/30	14/36	14/26	12/28	22/30	14/36
Ausnutzungsgrad	0,98	0,86	0,96	0,94	1,01	0,93	0,85	0,84
el. Anfangsdurchbiegung (Verkehrslast)	$\frac{1}{678}$	$\frac{1}{728}$	$\frac{1}{667}$	$\frac{1}{727}$				
Enddurchbiegung (Verkehrslast)	$\frac{1}{540}$	$\frac{1}{380}$	$\frac{1}{444}$	$\frac{1}{482}$				
Enddurchbiegung (Gesamtlast)	$\frac{1}{238}$	$\frac{1}{253}$	$\frac{1}{313}$	$\frac{1}{339}$	$\frac{1}{308}$	$\frac{1}{362}$	$\frac{1}{425}$	$\frac{1}{512}$
Pfosten	12/12	10/10	14/14	12/12	12/12	10/10	14/14	12/12
Ausnutzungsgrad	0,61	1,0	0,69	1,0	0,64	0,98	0,67	0,95



Bei Büro und Wohngebäuden weisen Deckenbalken und Unterzüge aus Vollholz nach beiden Normenwerken etwa den gleichen Ausnutzungsgrad der Tragfähigkeit auf. BS-Holz GI 24 ist wegen seiner etwas höheren Einstufung gegenüber BS-Holz der GK II etwas weniger ausgenutzt.

Für die Nutzung des Gebäudes als Bibliothek wurden die Bauteile in die Lastdauerklasse *lang*, Auftreten der Verkehrslast für mehr als zehn Jahre, eingestuft. Die Ausnutzungsgrade werden damit wegen des Langzeiteffektes der Einwirkungen bei Berechnung nach dem EC 5 höher als nach DIN 1052.

Zu beachten sind die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit. Durch die besondere Berücksichtigung der Langzeitverformungen errechnen sich die Verformungen der Deckenbalken und Unterzüge nach dem EC 5 um mehr als 40% höher für Bauteile von Wohn- und Bürogebäuden und um mehr als 50% höher für Bauteile der Bibliothek. Die Aussage gilt bei Vollholz für trocken eingebaute Hölzer. Bei halbtrockenen Hölzern ist rechnerisch - und wohl auch tatsächlich - mit zusätzlichen Verformungen zu rechnen.

Der Tragwerksplaner ist hier gefordert, dem Verwendungszweck angepaßte Begrenzungen festzulegen.

### 3.7 Ermittlung der Seitenlasten

#### a) Berechnung nach ENV 1995-1-1

##### 3.7.1.a Bauteilbeschreibung

Die Halle habe acht Felder von je 6 m Länge und Wand- und Dachverbände im zweiten und vorletzten Feld.

Die Windkräfte verteilen sich gleichmäßig auf alle Verbände.

Die Geometrie des Trägers entspricht der des Satteldachträgers aus Abschnitt 3.9.

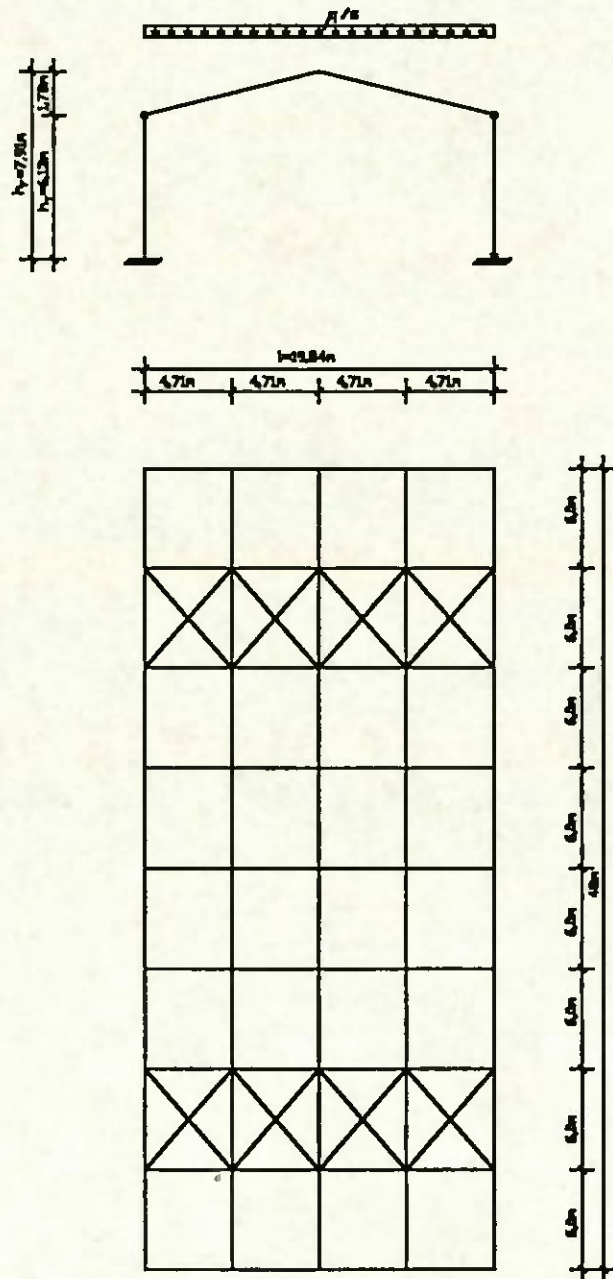


Abb. 12: Geometrie der auszusteienden Halle

**3.7.2.a Einwirkungen****3.7.2.1.a charakteristische Werte der Einwirkungen** s. DIN 1055 T.3ständige EinwirkungenEigengewicht  $g = 0,50 \text{ kN/m}^2$ veränderliche EinwirkungenSchnee  $s = 0,75 \text{ kN/m}^2$ 

Winddruck auf den Giebel

$$w_D = 0,8 \cdot 0,5 \cdot \frac{7,91 + 6,13}{4} = 1,40 \text{ kN/m}$$

Wind sog auf den Giebel

$$w_D = 0,8 \cdot 0,5 \cdot \frac{7,91 + 6,13}{4} = 0,88 \text{ kN/m}$$

**3.7.2.2.a Kombinationsbeiwerte**Schnee:  $\psi_{0,1} = 0,70$ 

s. Entwurf NAD

Wind:  $\psi_{0,2} = 0,60$ **3.7.2.3.a Bemessungswert der Einwirkungen** $\gamma_G = 1,35$  $\gamma_Q = 1,50$  für ungünstige Einwirkungen

s. EC 5 Tab. 2.3.3.1

Kombination 1 (Eigengewicht + Schnee + Wind):Vertikallast pro Binder:  $q = (1,35 \cdot 0,50 + 1,50 \cdot 0,75) \cdot 6 = 10,8 \text{ kN/m}$ Windlast auf die Halle:  $w = 0,6 \cdot 1,50 \cdot (1,40 + 0,88) = 2,05 \text{ kN/m}$ Kombination 2 (Eigengewicht + Wind + Schnee):Vertikallast pro Binder:  $q = (1,35 \cdot 0,50 + 1,50 \cdot 0,70 \cdot 0,75) \cdot 6 = 8,78 \text{ kN/m}$ Windlast auf die Halle:  $w = 1,50 \cdot (1,40 + 0,88) = 3,42 \text{ kN/m}$ **3.7.3.a Bemessungswert der Beanspruchungen**Biegemoment pro Binder:  $\max M = \frac{q \cdot l^2}{8}$ Druckkraft im Druckgurt des Binders:  $N_d = (1 - k_{crit}) \cdot \frac{\max M}{h}$  s. EC 5 Gl. (5.4.5.2f)mit  $h = 1,03 \text{ m}$  (Höhe des Satteldachträgers aus Abschnitt 3.9 im Drittelspunkt)

Kippschlankheit des ungestützten Trägers:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{19,84 \cdot 1,03 \cdot 28}{\pi \cdot 0,16^2 \cdot 9600}} \cdot \sqrt{\frac{9600}{600}} = 1,7217$$

s. EC 5 5.4.5.(4) u. 5.2.2(4)



$$\Rightarrow k_{\text{crit}} = \frac{1}{\lambda_{\text{rel,m}}^2} = 0,337$$

Seitenlast für die gesamte Halle:  $q_d = k_1 \cdot \frac{n \cdot N_d}{30 \cdot l}$  s. EC 5 Gl. (5.4.5.3a) - (5.4.5.3c)

mit:  $n = \text{Anzahl der Binder} = 8$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \sqrt{15/l} = \sqrt{15/19,84} = 0,870 \end{array} \right.$$

	max M	$N_d$	$q_d$	$w + q_d$
	[kNm]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]
Kombination 1	531,4	342,1	4,00	6,05
Kombination 2	432,0	278,1	3,25	6,67

## b) Berechnung nach DIN 1052

### 3.7.1.b Bauteilbeschreibung und statisches System

wie bei der Berechnung nach ENV 1995-1-1

### 3.7.2.b Lastannahmen

Die Belastungen entsprechen den charakteristischen Werten der Berechnung nach ENV 1995-1-1

$$q = 7,50 \text{ kN/m}$$

$$w = 2,28 \text{ kN/m}$$

### 3.7.3.b Ermittlung der Seitenlasten

$$\max M = \frac{7,50 \cdot 19,84^2}{8} = 369 \text{ kNm}$$

$$q_s = \frac{m \cdot \max M}{350 \cdot l \cdot b} = \frac{8 \cdot 369,0}{350 \cdot 19,84 \cdot 0,16} = 2,66 \text{ kN/m}$$

$$q_s \geq \frac{w}{2} = 1,14 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow q_s = 2,66 \text{ kN/m} \quad \text{im LF H}$$

$$q_{w,s} = q_s + \frac{w}{2} = 3,80 \text{ kN/m} \quad \text{im LF HZ}$$

<b>c) Vergleich der Ergebnisse</b>
------------------------------------

Hier werden die Seitenlasten miteinander verglichen. Bezugsgröße ist dabei die Seitenlast nach DIN 1052 im LF H.

$$\Rightarrow q_{w,s}^* = \frac{q_{w,s}}{1,25} \quad \text{für LF HZ nach DIN 1052}$$

$$\Rightarrow q_d^* = \frac{q_d}{\frac{\gamma_{F1} \cdot \gamma_M}{k_{mod}}} \quad \text{für die Kombinationen nach ENV 1995 -1-1}$$

$$w^* = \frac{w}{\frac{\gamma_{F2} \cdot \gamma_M}{k_{mod}}}$$

$$q_{w,s}^* = q_d^* + w^*$$

$\gamma_{F1}$  und  $\gamma_{F2}$  sind die gewichteten Mittel der Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen.  
 $\gamma_M = 1,3$ ;  $k_{mod} = 0,9$

	$\gamma_{F1}$	$q_d$	$q_d^*$	$\gamma_{F2}$	$w$	$w^*$	$q_{w,s}^*$
	[1]	[kN/m]	[kN/m]	[1]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
Kombination 1 nach ENV 1995-1-1	1,44	4,00	1,92	1,50	2,06	0,95	2,87
Kombination 2 nach ENV 1995-1-1	1,44	3,25	1,56	1,50	3,42	1,58	3,14
LF H nach DIN 1052	-	-	-	-	-	-	3,04
LF HZ nach DIN 1052	-	-	-	-	-	-	2,66

Die Größenordnungen der sich ergebenden Seitenlasten sind etwa gleich. Da beide Verfahren, sowohl nach dem EC 5 wie auch nach DIN 1052, gegenüber genaueren Nachweisen sehr grob sind, ist eine weitergehende Wertung der Unterschiede entbehrlich.

### 3.8 Satteldachbinder mit aufgeleimtem Firstkeil

#### a) Berechnung nach ENV 1995-1-1

##### 3.8.1.a Bauteilbeschreibung

In der folgenden Bemessung soll ein Satteldachbinder mit *fest aufgeleimtem Firstkeil* nach ENV 1995-1-1 bemessen werden. Um diese Berechnung mit der nach DIN 1052 für BS-Holz GK I vergleichen zu können, wurde ein BS-Holz der Festigkeitsklasse GI 28 gewählt.

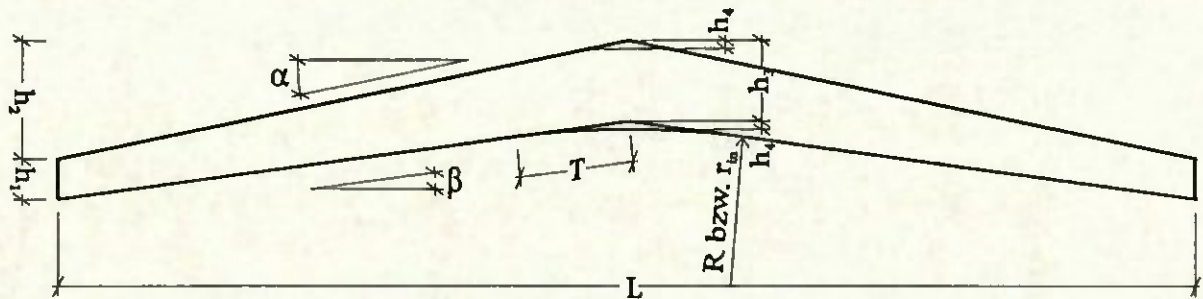


Abb. 13: Bindergeometrie

$h_1$	=	0,60	m	$R = r_{in}$	=	20,00	m
$h_2$	=	1,77	m	$T$	=	2,31	m
$h_3$	=	1,21	m	$b$	=	0,16	m
$h_4$	=	0,133	m	$L$	=	20,08	m
$h_{ap} = h_3 + h_4$	=	1,34	m	$\beta$	=	6,60	°
$\alpha$	=	10,00	°	$l$	=	19,84	m

##### 3.8.2.a Statisches System

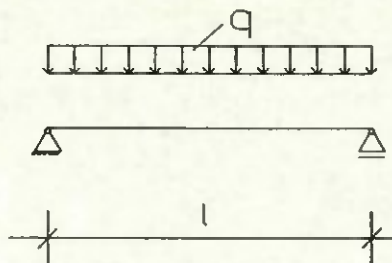


Abb. 14: Statisches System Binder

##### 3.8.3.a Einwirkungen

###### 3.8.3.1.a charakteristische Werte der Einwirkungen

ständige Einwirkungen

alle Einwirkungen nach DIN 1055

Eigengewicht  $G = 3,00 \text{ kN/m}$



veränderliche Einwirkungen

Schnee  $Q_s$  4,50 kN/m

Wind (wirkt entlastend)

**3.8.3.2.a Kombinationsbeiwerte**

entfallen

**3.8.3.3.a Bemessungswert der Einwirkungen**

$$\gamma_G = 1,35$$

s. EC 5 Tab. 2.3.3.1

$\gamma_Q = 1,50$  für veränderliche Einwirkungen

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

s. EC 5 Gl. (2.3.2.2a)

$$q = 1,35 \cdot 3,00 + 1,5 \cdot 4,50 = 10,8 \text{ kN/m}$$

**3.8.4.a Bemessungswert der Beanspruchungen**

Querkraft:

$$\max Q = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{10,8 \cdot 19,84}{2} = 107,1 \text{ kN}$$

Biegemomente:

- an der Stelle der größten Biegespannung  $\xi_0$

$$M_{\xi_0} = \frac{1}{2} \cdot \xi_0 \cdot \xi'_0 \cdot q \cdot l^2 = 396 \text{ kNm}$$

$$\xi_0 = \frac{h_1}{2 \cdot h_3} = 0,25$$

$$\xi'_0 = 1 - \xi_0 = 0,75$$

- in Feldmitte:

$$\max M = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 532 \text{ kNm}$$

**3.8.5.a Baustoffeigenschaften**

**3.8.5.1.a charakteristische Werte**

Für die nachfolgende Bemessung wurde die Festigkeitsklasse Gl 28 gewählt.  
Festigkeits- und Steifigkeitswerte aus prEN 1194 Tab. 1:

Festigkeitsklasse	Gl 28		
Biegung	$f_{m,g,k}$	=	28 MN/m <sup>2</sup>
Zug    Fa.	$f_{t,0,g,k}$	=	21 MN/m <sup>2</sup>
Zug ⊥ Fa.	$f_{t,90,g,k}$	=	0,45 MN/m <sup>2</sup>
Druck    Fa.	$f_{c,0,g,k}$	=	27 MN/m <sup>2</sup>

Druck $\perp$ Fa.	$f_{c,90,g,k}$	=	6,0 MN/m <sup>2</sup>
Abscheren	$f_{v,g,k}$	=	3,0 MN/m <sup>2</sup>
E - Moduln	$E_{0,mean,g}$	=	12.000 MN/m <sup>2</sup>
	$E_{0,05,g}$	=	9.600 MN/m <sup>2</sup>
Rohdichte	$\rho_{g,k}$	=	410 kg/m <sup>3</sup>

### 3.8.5.2.a Bemessungswert der Tragfähigkeit

Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffeigenschaften

s. EC 5 Tab. 2.3.3.2

Grundkombination:  $\gamma_M = 1,3$

Da die Bauteilhöhe an der Stelle der max. Biegespannungen  $\geq 60$  cm ist, kann der Höhenfaktor nach ENV 1995-1-1 Gl.(3.3.2) nicht berücksichtigt werden.

Der Bemessungswert ergibt sich allgemein aus der Gleichung:

$$X_d = \frac{k_{mod} \cdot X_k}{\gamma_M}$$

$k_{mod}$  - Werte für die Nutzungsklasse 1

s. EC 5 Tab. 3.1.7

ständig: 0,60 (Eigengewicht)

kurz: 0,90 (Schnee + Wind)

Maßgebend ist der  $k_{mod}$  - Wert der Einwirkung mit der kürzesten Lasteinwirkungsdauer (s. EC 5 3.1.7 (2)). Hier ist also für die betrachtete Kombination  $k_{mod} = 0,9$ .

Damit ergeben sich die Bemessungswerte für die nachfolgende Berechnung.

Festigkeitsklasse	Gl 28		
Biegung	$f_{m,g,d}$	=	19,4 MN/m <sup>2</sup>
Zug $\parallel$ Fa.	$f_{t,0,g,d}$	=	14,5 MN/m <sup>2</sup>
Zug $\perp$ Fa.	$f_{t,90,g,d}$	=	0,31 MN/m <sup>2</sup>
Druck $\parallel$ Fa.	$f_{c,0,g,d}$	=	18,7 MN/m <sup>2</sup>
Druck $\perp$ Fa.	$f_{c,90,g,d}$	=	4,2 MN/m <sup>2</sup>
Abscheren	$f_{v,g,d}$	=	2,1 MN/m <sup>2</sup>

### 3.8.6.a Grenzzustände der Tragfähigkeit

#### 3.8.6.1.a Schub am Auflager

$$\tau_d = \frac{3 \cdot \max Q}{2 \cdot h_1 \cdot b} = 1,67 \text{ MN/m}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,g,d}} = 0,80 \leq 1,00$$

3.8.6.2.a Auflagerpressung

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{\max Q}{l_a \cdot b} = 2,8 \text{ MN/m}^2 \quad l_a = 24 \text{ cm}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} = 0,66 \leq 1,00$$

3.8.6.3.a Nachweis der Biegespannungen

An der Stelle der max. Spannungen

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{\xi_0}}{W_{\xi_0}} = 18,5 \text{ MN/m}^2 \quad \text{mit: } W_{\xi_0} = 2,16 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,g,d}} = 0,95 \leq 1,00$$

3.8.6.4.a Querzug

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{M}{W_{ap}} \leq k_{vol} \cdot k_{dis} \cdot f_{t,90,d} \quad \text{s. EC 5 Gl. (5.2.4k) - (5.2.4l)}$$

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} = 0,41$$

$$k_{dis} = 1,7$$

$$V_0 = 0,01 \text{ m}^3 \quad (\text{Bezugsvolumen})$$

$$V = b \cdot \left\{ \left( r_{in} + h_{ap} \right)^2 \cdot \frac{\sin(90-\alpha)}{\sin(90+\alpha-\beta)} \cdot \sin \beta - \frac{\beta \cdot \pi}{180} \cdot r_{in}^2 \right\} = 0,89 \text{ m}^3$$

- durch Querzug beanspruchtes Volumen

$$k_p = k_5 + k_6 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_7 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 = 0,041$$

$$r = r_{in} + \frac{1}{2} \cdot h_{ap} = 20,67 \text{ m}$$

$$\frac{h_{ap}}{r} = 0,0648$$

$$k_5 = 0,2 \cdot \tan \alpha = 0,0353$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \cdot \tan \alpha + 2,6 \cdot \tan^2 \alpha = 0,0663$$

$$k_7 = 2,1 \cdot \tan \alpha - 4 \cdot \tan^2 \alpha = 0,246$$

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{0,041 \cdot 532 \cdot 10^{-3}}{4,79 \cdot 10^{-2}} = 0,455 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d} \cdot k_{dis} \cdot k_{vol}} = \frac{0,455}{0,41 \cdot 1,7 \cdot 0,31} = 2,11 \geq 1,00$$



## 3.8.6.5.a Nachweis der Randspannungen am angeschnittenen Rand

$$f_{m,\alpha,d} = \frac{f_{m,d}}{\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{19,4}{4,2 \cdot \sin^2 3,4^\circ + \cos^2 3,4^\circ} = 19,16 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 - 4 \cdot \tan^2 \alpha) \cdot \frac{M_d}{W} = (1 - 4 \cdot \tan^2 3,4^\circ) \cdot 18,5 = 18,24 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{m,\alpha,d}}{f_{m,\alpha,d}} = \frac{18,24}{19,16} = 0,95 \leq 1,00$$

## 3.8.6.6.a Kippsicherheitsnachweis

$$\sigma_{m,d} \leq k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}$$

s. EC 5 Gl. (5.2.2a) - (5.2.2e)

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_{\text{ef}} \cdot h_{g0}}{\pi \cdot b^2} \cdot \frac{f_{m,k}}{E_{0,05}}} \cdot \sqrt{\frac{E_{0,50}}{G_{50}}} = 0,808$$

$$\text{mit: } l_{\text{ef}} = 5,00 \text{ m; } h_{g0} = 0,90 \text{ m}$$

$$k_{\text{crit}} = \begin{cases} 1 & \text{für } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 & \text{für } 0,75 < \lambda_{\text{rel},m} \leq 1,40 \\ 1/\lambda_{\text{rel},m}^2 & \text{für } 1,40 < \lambda_{\text{rel},m} \end{cases}$$

$$k_{\text{crit}} = 0,954$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}} = \frac{18,5}{0,954 \cdot 19,4} = 1,00 \geq 1,00$$

## 3.8.7.a Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Die Empfehlungen für Durchbiegungen im EC 5 lauten wie folgt:

$$\text{f. Verkehrslasten } u_{2,\text{inst}} \leq 1/300 \quad (1/150 \text{ für Kragträger})$$

$$\text{f. Verkehrslasten } u_{2,\text{fin}} \leq 1/200 \quad (1/100 \text{ für Kragträger})$$

$$\text{f. Gesamtlast } u_{\text{net},\text{fin}} \leq 1/200 \quad (1/100 \text{ für Kragträger})$$

Es wird mit den Querschnittswerten im Drittelspunkt gerechnet.

$$h_s = h_1 + \frac{1}{3} \cdot (\tan \alpha - \tan \beta) = 1,01 \text{ m}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,16 \cdot 1,01^3}{12} = 0,0137 \text{ m}^4$$

$$u_{2,\text{inst}} = u_{2,\text{fin}} = \frac{5 \cdot 4,5 \cdot 19,84^4}{384 \cdot 11000 \cdot 0,0137} = 60,2 \text{ mm} = \frac{1}{330} \quad \text{für } k_{\text{def}} = 0!$$

$$u_{\text{net},\text{fin}} = \frac{5 \cdot (3 \cdot 1,6 + 4,5) \cdot 19,84^4}{384 \cdot 11000 \cdot 0,0137} = 124,5 \text{ mm} = \frac{1}{160}$$

keine Begrenzung von  $u_{\text{net},\text{fin}}$ , da es eine "Überhöhung" von  $\tan \alpha \cdot \frac{1}{2}$  gibt.

b)	<b>Berechnung nach DIN 1052</b>
----	---------------------------------

**3.8.1.b Bauteilbeschreibung**

Geometrie wie zuvor gewählt, BS-Holz GK I

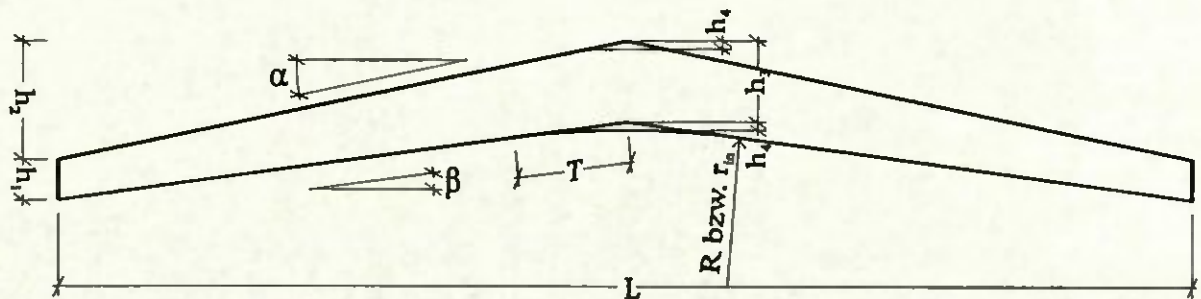


Abb. 15: Bindergeometrie

**3.8.2.b Statisches System**

wie bei Berechnung nach ENV 1995-1-1

**3.8.3.b Lastannahmen**

Die Lasten entsprechen den charakteristischen Werten der Einwirkung der Berechnung nach ENV 1995-1-1

$$g = 3,00 \text{ kN/m}$$

$$s = 4,50 \text{ kN/m}$$

**3.8.4.b Schnittgrößen**

Querkraft:

$$\max Q = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{7,50 \cdot 19,84}{2} = 74,4 \text{ kN}$$

Biegemomente:

- an der Stelle der größten Biegespannung:  $\xi_0$

$$M_{\xi_0} = \frac{1}{2} \cdot \xi_0 \cdot \xi_0' \cdot q \cdot l^2 = 277 \text{ kNm}$$

$$\xi_0 = \frac{h_1}{2 \cdot h_3} = 0,25$$

$$\xi_0' = 1 - \xi_0 = 0,75$$

- in Feldmitte:

$$\max M = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 369 \text{ kNm}$$

**3.8.5.b Tragfähigkeitsnachweis**3.8.5.1.b Schub am Auflager

$$\frac{3 \cdot \max Q}{2 \cdot h_1 \cdot b} = 0,97 \leq 1,00$$

zul  $\tau_Q$

3.8.5.2.b Auflagerpressung

$$\frac{\max Q}{l_a \cdot b} = 0,78 \leq 1,00$$

zul  $\sigma_{DL}$                       mit:  $l_a = 24 \text{ cm}$

3.8.5.3.b Nachweis der Biegespannungen

$$\frac{M_{g0}}{W_{g0}} = 0,92 \leq 1,00$$

zul  $\sigma_B$

mit:  $W_{g0} = 2,16 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ ;  $h_{g0} = 0,90 \text{ m}$

3.8.5.4.b Querzug

$$\frac{\kappa_q \cdot \max M}{W_m} = 1,58 \geq 1,0$$

zul  $\sigma_{z \perp}$

mit:  $W_m = \frac{(h_3 + h_4)^2 \cdot b}{6} = 0,0479 \text{ m}^3$  und

$$\kappa_q = A_q + B_q \cdot \left[ \frac{h_m}{r_m} \right] + C_q \cdot \left[ \frac{h_m}{r_m} \right]^2 = 0,041$$

$$A_q = 0,2 \cdot \tan(\alpha) = 0,0353$$

$$B_q = 0,25 - 1,5 \cdot \tan(\alpha) + 2,6 \cdot \tan^2(\alpha) = 0,0663$$

$$C_q = 2,1 \cdot \tan(\alpha) - 4 \cdot \tan^2(\alpha) = 0,246$$

$$\left[ \frac{h_m}{r_m} \right] = 0,0648$$

3.8.5.5.b Nachweis der Randspannungen am angeschnittenen Rand

$$\left[ \frac{\alpha}{\text{zul } \sigma_B} \right]^2 + \left[ \frac{\sigma_{DL}}{\text{zul } \sigma_{DL}} \right]^2 + \left[ \frac{\tau}{2,66 \cdot \text{zul } \tau_s} \right]^2 = 0,95 < 1$$



**3.8.5.6.b Kippsicherheitsnachweis**

Kippen mit den Querschnittswerten an der Stelle  $\xi_0$  (größte Biegespannung)

$$\lambda_B = \sqrt{\frac{s \cdot h_{\xi_0} \cdot \gamma_1 \cdot \text{zul}\sigma_B}{\pi \cdot b^2 \cdot \sqrt{E_{II} \cdot G_T}}} = 0,817$$

mit  $h_{\xi_0} = 0,90$  m und  $s = 5,0$  m (Annahme)

$$k_B = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_B = 0,947$$

$$\frac{0,92}{1,1 \cdot 0,947} = 0,88 \leq 1,00$$

**3.8.6.b Gebrauchstauglichkeitsnachweis**

Es wird mit den Querschnittswerten im Drittelspunkt gerechnet.

$$h = h_1 + \frac{1}{3} \cdot (\tan \alpha - \tan \beta) = 1,01 \text{ m}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,16 \cdot 1,01^3}{12} = 0,0137 \text{ m}^4$$

$$u = \frac{5 \cdot 7,5 \cdot 19,84^4}{384 \cdot 11000 \cdot 0,0137} = 100 \text{ mm} = \frac{1}{200} \leq \frac{1}{200}$$

s. DIN 1052 T.1 Tab. 9

c)	Vergleich der Ausnutzungsgrade
----	--------------------------------

Ausnutzungsgrad für	ENV 1995-1-1 GI 28	DIN 1052 BS-Holz GK I
Schub am Auflager	0,80	0,97
Auflagerpressung	0,66	0,78
Biegespannung bei max. $\sigma$	0,95	0,92
Querzug	2,11	1,58
Spannungskombination	0,95	0,95
Kippen	1,00	0,88
elastische Anfangsdurchbiegung unter Verkehr	1/330	
Enddurchbiegung unter Gesamtlast	1/160	1/200

Die Ausnutzungsgrade für Schub und Querdruck sind nach dem EC 5 geringer als nach DIN 1052. Bei Biegespannungen ist die Klasse GI 28 leicht geringwertiger als die bisherige deutsche Güteklasse I. Die Einschränkung der Querzugspannungen ist nach dem EC 5 strenger als nach DIN 1052. Dies wird die hin und wieder beobachteten Probleme mit dieser Bauart wahrscheinlich nicht beheben.

Bei den Nachweisen der Gebrauchstauglichkeit ergeben sich durch die Abschätzung der Langzeitverformungen größere rechnerische Durchbiegungen nach dem EC 5 als nach DIN 1052. Diesen kann mit angepaßten Überhöhungen entgegengewirkt werden

### 3.9 Satteldachbinder mit lose aufgesatteltem Firstkeil

a) Berechnung nach ENV 1995-1-1

#### 3.9.1.a Bauteilbeschreibung

In der folgenden Bemessung soll ein Satteldachbinder mit *lose aufgesatteltem Firstkeil* nach ENV 1995-1-1 bemessen werden. Um diese Berechnung mit der nach DIN 1052 für BS-Holz GK I vergleichen zu können, wurde ein BS-Holz der Festigkeitsklasse Gl 28 gewählt.

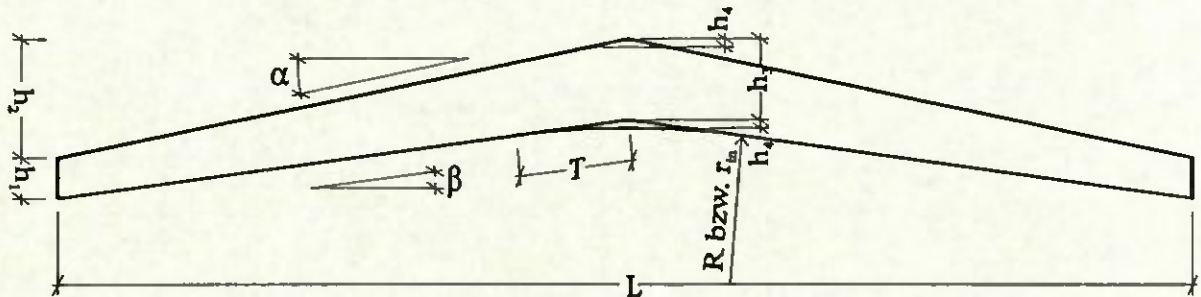


Abb. 16: Bindergeometrie

$h_1$	=	0,60	m	$R = r_{in}$	=	17,50	m
$h_2$	=	1,77	m	$T$	=	2,02	m
$h_3$	=	1,21	m	$b$	=	0,16	m
$h_4$	=	0,12	m	$L$	=	20,08	m
$\alpha$	=	10,00	°	$\beta$	=	6,60	°
				$l$	=	19,84	m

#### 3.9.2.a Statisches System

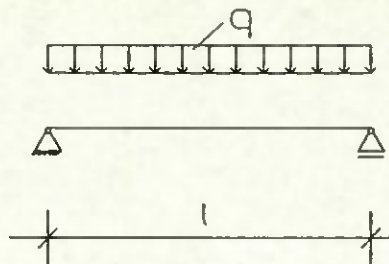


Abb. 17: Statisches System Binder

#### 3.9.3.a Einwirkungen

##### 3.9.3.1.a charakteristische Werte der Einwirkungen

ständige Einwirkungen

alle Einwirkungen nach DIN 1055

Eigengewicht  $G = 3,00 \text{ kN/m}$



veränderliche Einwirkungen

Schnee  $Q_s$  4,50 kN/m  
 Wind (wirkt entlastend)

**3.9.3.2.a Kombinationsbeiwerte**

entfallen

**3.9.3.3.a Bemessungswert der Einwirkungen**

$\gamma_G = 1,35$

s. EC 5 Tab. 2.3.3.1

$\gamma_Q = 1,50$  für veränderliche Einwirkungen

$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$

s. EC 5 Gl. (2.3.2.2a)

$q = 1,35 \cdot 3,00 + 1,5 \cdot 4,50 = 10,8 \text{ kN/m}$

**3.9.4.a Bemessungswert der Beanspruchungen**

Querkraft:

$\max Q = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{10,8 \cdot 19,84}{2} = 107,1 \text{ kN}$

Biegemomente:

- an der Stelle der größten Biegespannung  $\xi_0$

$M_{\xi_0} = \frac{1}{2} \cdot \xi_0 \cdot \xi'_0 \cdot q \cdot l^2 = 396 \text{ kNm}$

$\xi_0 = \frac{h_1}{2 \cdot h_3} = 0,25$

$\xi'_0 = 1 - \xi_0 = 0,75$

- in Feldmitte:

$\max M = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 532 \text{ kNm}$

**3.9.5.a Baustoffeigenschaften**

**3.9.5.1.a charakteristische Werte**

Für die nachfolgende Bemessung wurde die Festigkeitsklasse Gl 28 gewählt.  
 Festigkeits- und Steifigkeitswerte aus prEN 1194 Tab. 1:

Festigkeitsklasse	Gl 28		
Biegung	$f_{m,g,k}$	=	28 MN/m <sup>2</sup>
Zug    Fa.	$f_{t,0,g,k}$	=	21 MN/m <sup>2</sup>
Zug ⊥ Fa.	$f_{t,90,g,k}$	=	0,45 MN/m <sup>2</sup>
Druck    Fa.	$f_{c,0,g,k}$	=	27 MN/m <sup>2</sup>
Druck ⊥ Fa.	$f_{c,90,g,k}$	=	6,0 MN/m <sup>2</sup>

Abscheren	$f_{v,g,k}$	=	3,0 MN/m <sup>2</sup>
E - Moduln	$E_{0,mean,g}$	=	12.000 MN/m <sup>2</sup>
	$E_{0,05,g}$	=	9.600 MN/m <sup>2</sup>
Rohdichte	$\rho_{g,k}$	=	410 kg/m <sup>3</sup>

### 3.9.5.2.a Bemessungswert der Tragfähigkeit

Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffeigenschaften

s. EC 5 Tab. 2.3.3.2

Grundkombination:  $\gamma_M = 1,3$

Da die Bauteilhöhe an der Stelle der max. Biegespannungen  $\geq 60$  cm ist, kann der Höhenfaktor nach ENV 1995-1-1 Gl.(3.3.2) nicht berücksichtigt werden.

Der Bemessungswert ergibt sich allgemein aus der Gleichung:

$$X_d = \frac{k_{mod} \cdot X_k}{\gamma_M}$$

$k_{mod}$  - Werte für die Nutzungsklasse 1

s. EC 5 Tab. 3.1.7

ständig: 0,60 (Eigengewicht)

kurz: 0,90 (Schnee + Wind)

Maßgebend ist der  $k_{mod}$  - Wert der Einwirkung mit der kürzesten Lasteinwirkungsdauer (s. EC 5 3.1.7 (2)). Hier ist also für die betrachtete Kombination  $k_{mod} = 0,9$ .

Damit ergeben sich die Bemessungswerte für die nachfolgende Berechnung.

Festigkeitsklasse	Gl 28		
Biegung	$f_{m,g,d}$	=	19,4 MN/m <sup>2</sup>
Zug    Fa.	$f_{t,0,g,d}$	=	14,5 MN/m <sup>2</sup>
Zug $\perp$ Fa.	$f_{t,90,g,d}$	=	0,31 MN/m <sup>2</sup>
Druck    Fa.	$f_{c,0,g,d}$	=	18,7 MN/m <sup>2</sup>
Druck $\perp$ Fa.	$f_{c,90,g,d}$	=	4,2 MN/m <sup>2</sup>
Abscheren	$f_{v,g,d}$	=	2,1 MN/m <sup>2</sup>

### 3.9.6.a Grenzzustände der Tragfähigkeit

#### 3.9.6.1.a Schub am Auflager

$$\tau_d = \frac{3 \cdot \max Q}{2 \cdot h_1 \cdot b} = 1,67 \text{ MN/m}^2$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,g,d}} = 0,80 \leq 1,00$$

#### 3.9.6.2.a Auflagerpressung

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{\max Q}{l_a \cdot b} = 2,8 \text{ MN/m}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} = 0,66 \leq 1,00$$

3.9.6.3.a Nachweis der BiegespannungenAn der Stelle der max. Spannungen

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{\xi_0}}{W_{\xi_0}} = 18,5 \text{ MN/m}^2 \quad \text{mit: } W_{\xi_0} = 2,16 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,g,d}} = 0,95 \leq 1,00$$

3.9.6.4.a Querzug

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{M}{W} \leq k_{vol} \cdot k_{dis} \cdot f_{t,90,d} \quad \text{s. EC 5 Gl. (5.2.4k) - (5.2.4l)}$$

$$k_{vol} = \left( \frac{V_0}{V} \right)^{0,2} = 0,368$$

$$k_{dis} = 1,4$$

$$V_0 = 0,01 \text{ m}^3 \quad (\text{Bezugsvolumen})$$

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot b \cdot \beta \cdot r}{180^\circ} \cdot \left( h_3 + (r_{in} + h_3 + h_4) \cdot \frac{\sin(90 - \alpha)}{\sin(90 + \alpha - \beta)} - r_{in} \right) = 1,48 \text{ m}^3$$

– durch Querzug beanspruchtes Volumen

$$k_p = k_5 + k_6 \cdot \left( \frac{h_3}{r} \right) + k_7 \cdot \left( \frac{h_3}{r} \right)^2 = 0,017$$

$$r = r_{in} + \frac{1}{2} \cdot h_3 = 18,11 \text{ m}$$

$$\frac{h_3}{r} = 0,067$$

$$k_5 = 0,2 \cdot \tan \alpha = 0$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \cdot \tan \alpha + 2,6 \cdot \tan^2 \alpha = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 \cdot \tan \alpha - 4 \cdot \tan^2 \alpha = 0$$

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{0,017 \cdot 532 \cdot 10^{-3}}{3,90 \cdot 10^{-2}} = 0,229 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d} \cdot k_{dis} \cdot k_{vol}} = \frac{0,229}{0,368 \cdot 1,4 \cdot 0,31} = 1,43 \geq 1,00$$

3.9.6.5.a Nachweis der Randspannungen am angeschnittenen Rand

$$f_{m,\alpha,d} = \frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{19,4}{4,2 \cdot \sin^2 3,4^\circ + \cos^2 3,4^\circ} = 19,16 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 - 4 \cdot \tan^2 \alpha) \cdot \frac{M_d}{W} = (1 - 4 \cdot \tan^2 3,4^\circ) \cdot 18,5 = 18,24 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{\sigma_{m,\alpha,d}}{f_{m,\alpha,d}} = \frac{18,24}{19,16} = 0,95 \leq 1,00$$



3.9.6.6.a Kippsicherheitsnachweis

$$\sigma_{m,d} \leq k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}$$

s. EC 5 Gl. (5.2.2a) - (5.2.2e)

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{l_{\text{ef}} \cdot h_{\text{g0}}}{\pi \cdot b^2} \cdot \frac{f_{m,k}}{E_{0,05}}} \cdot \sqrt{\frac{E_{0,50}}{G_{50}}} = 0,808$$

$$\text{mit: } l_{\text{ef}} = 5,00 \text{ m; } h_{\text{g0}} = 0,90 \text{ m}$$

$$k_{\text{crit}} = \begin{cases} 1 & \text{für } \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{\text{rel},m} \leq 0,75 & \text{für } 0,75 < \lambda_{\text{rel},m} \leq 1,40 \\ 1/\lambda_{\text{rel},m}^2 & \text{für } 1,40 < \lambda_{\text{rel},m} \end{cases}$$

$$k_{\text{crit}} = 0,954$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}} = \frac{18,5}{0,954 \cdot 19,4} = 1,00 \leq 1,00$$

3.9.7.a Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Die Empfehlungen für Durchbiegungen im EC 5 lauten wie folgt:

$$\text{f. Verkehrslasten } u_{2,\text{inst}} \leq 1/300 \quad (1/150 \text{ für Kragträger})$$

$$\text{f. Verkehrslasten } u_{2,\text{fin}} \leq 1/200 \quad (1/100 \text{ für Kragträger})$$

$$\text{f. Gesamtlast } u_{\text{net},\text{fin}} \leq 1/200 \quad (1/100 \text{ für Kragträger})$$

Es wird mit den Querschnittswerten im Drittelspunkt gerechnet.

$$h = h_1 + \frac{1}{3} \cdot (\tan \alpha - \tan \beta) = 1,01 \text{ m}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,16 \cdot 1,01^3}{12} = 0,0137 \text{ m}^4$$

$$u_{2,\text{inst}} = u_{2,\text{fin}} = \frac{5 \cdot 4,5 \cdot 19,84^4}{384 \cdot 11000 \cdot 0,0137} = 60,2 \text{ mm} = \frac{1}{330} \quad \text{für } k_{\text{def}} = 0!$$

$$u_{\text{net},\text{fin}} = \frac{5 \cdot (3 \cdot 1,6 + 4,5) \cdot 19,84^4}{384 \cdot 11000 \cdot 0,0137} = 124,5 \text{ mm} = \frac{1}{160}$$

keine Begrenzung von  $u_{\text{net},\text{fin}}$ , da es eine "Überhöhung" von  $\tan \alpha \cdot \frac{1}{2}$  gibt.

**b) Berechnung nach DIN 1052**

**3.9.1.b Bauteilbeschreibung**

Geometrie wie zuvor gewählt, BS-Holz GK I

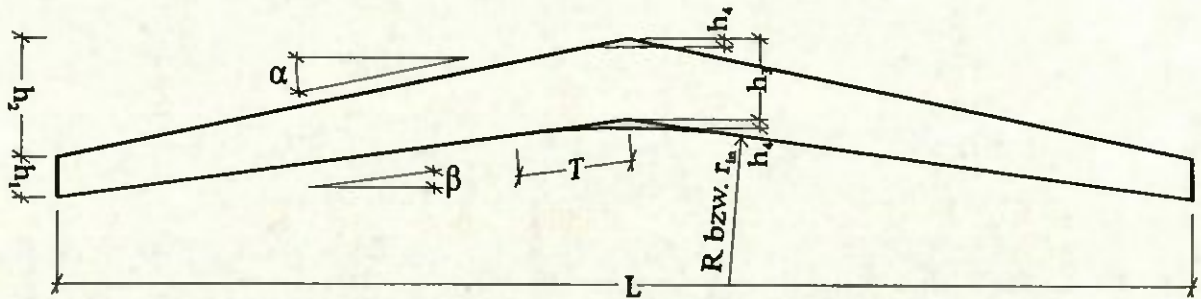


Abb. 18: Bindergeometrie

**3.9.2.b Statisches System**

wie bei Berechnung nach ENV 1995-1-1

**3.9.3.b Lastannahmen**

Die Lasten entsprechen den charakteristischen Werten der Einwirkung der Berechnung nach ENV 1995-1-1

$g = 3,00 \text{ kN/m}$

$s = 4,50 \text{ kN/m}$

**3.9.4.b Schnittgrößen**

Querkraft:

$$\max Q = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{7,50 \cdot 19,84}{2} = 74,4 \text{ kN}$$

Biegemomente:

- an der Stelle der größten Biegespannung :  $\xi_0$

$$M_{\xi_0} = \frac{1}{2} \cdot \xi_0 \cdot \xi_0' \cdot q \cdot l^2 = 277 \text{ kNm}$$

$$\xi_0 = \frac{h_1}{2 \cdot h_3} = 0,25$$

$$\xi_0' = 1 - \xi_0 = 0,75$$

- in Feldmitte:

$$\max M = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 369 \text{ kNm}$$

**3.9.5.b Tragfähigkeitsnachweis****3.9.5.1.b Schub am Auflager**

$$\frac{3 \cdot \max Q}{\frac{2 \cdot h_1 \cdot b}{\text{zul } \tau_Q}} = 0,97 \leq 1,00$$

**3.9.5.2.b Auflagerpressung**

$$\frac{\max Q}{\frac{l_a \cdot b}{\text{zul } \sigma_{Dl}}} = 0,78 \leq 1,00 \quad \text{mit: } l_a = 24 \text{ cm}$$

**3.9.5.3.b Nachweis der Biegespannungen**

$$\frac{M_{\xi_0}}{\frac{W_{\xi_0}}{\text{zul } \sigma_B}} = 0,92 \leq 1,00$$

$$\text{mit: } W_{\xi_0} = 2,16 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3; \quad h_{\xi_0} = 0,90 \text{ m}$$

**3.9.5.4.b Querzug**

$$\frac{\kappa_q \cdot \frac{\max M}{W_m}}{\text{zul } \sigma_{Z \perp}} = 0,79 \leq 1,0$$

$$W_m = \frac{h_3^2 \cdot b}{6} = 0,0390 \text{ m}^3 \quad \text{und}$$

$$\kappa_q = 0,25 \cdot \left[ \frac{h_m}{r_m} \right] = 0,0167$$

$$r_m = r_{in} + h_3 / 2 = 18,1 \text{ m}$$

**3.9.5.5.b Kippsicherheitsnachweis**

Kippen mit den Querschnittswerten an der Stelle  $\xi_0$  (größte Biegespannung)

$$\lambda_B = \sqrt{\frac{s \cdot h_{\xi_0} \cdot \gamma_1 \cdot \text{zul } \sigma_B}{\pi \cdot b^2 \cdot \sqrt{E_{||} \cdot G_T}}} = 0,817$$

mit  $h_{\xi_0} = 0,90 \text{ m}$  und  $s = 5,0 \text{ m}$  (Annahme)

$$k_B = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_B = 0,947$$

$$\frac{0,92}{1,1 \cdot 0,947} = 0,88 \leq 1,00$$



3.9.5.6.b Nachweis der Randspannungen am angeschnittenen Rand

$$\left[ \frac{\sigma_{||}}{\text{zul}\sigma_B} \right]^2 + \left[ \frac{\sigma_{D,L}}{\text{zul}\sigma_{D,L}} \right]^2 + \left[ \frac{\tau}{2,66 \cdot \text{zul}\tau_s} \right]^2 = 0,95 < 1$$

3.9.6.b Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Es wird mit den Querschnittswerten im Drittelpunkt gerechnet.

$$h = h_1 + \frac{1}{3} \cdot (\tan \alpha - \tan \beta) = 1,01 \text{ m}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,16 \cdot 1,01^3}{12} = 0,0137 \text{ m}^4$$

$$u = \frac{5 \cdot 7,5 \cdot 19,84^4}{384 \cdot 11000 \cdot 0,0137} = 100 \text{ mm} = \frac{1}{200} \leq \frac{1}{200}$$

s. DIN 1052 T.1 Tab. 9

c) Vergleich der Ausnutzungsgrade

Ausnutzungsgrad für	ENV 1995-1-1 Gl 28	DIN 1052 BS-Holz GK I
Schub am Auflager	0,80	0,97
Auflagerpressung	0,66	0,78
Biegespannung bei max. $\sigma$	0,95	0,92
Querzug	1,43	0,79
Spannungskombination	0,95	0,95
Kippen	1,00	0,88
elastische Anfangsdurchbiegung unter Verkehr	l/330	-
Enddurchbiegung unter Gesamtlast	l/160	l/200

Die Ausnutzungsgrade für Schub und Querdruck sind nach dem EC 5 geringer als nach DIN 1052. Bei Biegespannungen ist die Klasse Gl 28 leicht geringwertiger als die bisherige deutsche Güteklasse I. Die Einschränkung der Querzugspannungen ist nach dem EC 5 strenger als nach DIN 1052. Dies wird die hin und wieder beobachteten Probleme mit dieser Bauart wahrscheinlich nicht beheben.

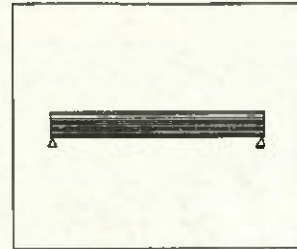
Bei den Nachweisen der Gebrauchstauglichkeit ergeben sich durch die Abschätzung der Langzeitverformungen größere rechnerische Durchbiegungen nach dem EC 5 als nach DIN 1052. Diesen kann mit angepaßten Überhöhungen entgegengewirkt werden.

# 4.1 Einfeldträger

gerade Form

BS 11(DIN1052)/BS12(DINV ENV 1995-1-1)

Tragfähigkeitsnachweise



## Einfeldträger gerade Form und Rechteckquerschnitt

Voraussetzungen  
Statisches System: Träger auf zwei Stützen

DIN 1052

DIN ENV 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Anwendungsbereich:** unter Dach

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Nutzungs-kategorie:** 1 oder 2  
**Lasteinwirkungsdauer:** kurz  
 $\Rightarrow k_{mod} = 0,9$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS11  
**zulässige Spannungen:** zul  $\sigma_b = 11 \text{ MN/m}^2$   
zul  $\tau = 1,2 \text{ MN/m}^2$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS12  
**charakteristische Festigkeiten:**  $f_{m,k} = 24 \text{ MN/m}^2$   
 $f_{v,k} = 2,7 \text{ MN/m}^2$

**Bezeichnungen:**

- l = Stützweite des Trägers
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- q = g+s
- g = Eigengewicht
- s = Schnee

**Bezeichnungen:**

- l = Stützweite des Trägers
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$
- G = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
- Q = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$

**Rechenwert der Biegespannung:**

$$\sigma_b = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h^2 \cdot b}$$

**Bemessungswert der Biegespannung:**

$$\sigma_{m,d} = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h^2 \cdot b}$$

**Rechenwert der Schubspannung:**

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h \cdot b}$$

**Bemessungswert der Schubspannung:**

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h \cdot b}$$

**Bemessungswert der Biegefestigkeit:**

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod}, \quad \gamma_M = 1,3$$

**Bemessungswert der Schubfestigkeit:**

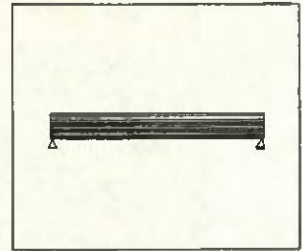
$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod}, \quad \gamma_M = 1,3$$

## 4.1 Einfeldträger

gerade Form

BS 11(DIN1052)/BS12(DINV ENV 1995-1-1)

Tragfähigkeitsnachweise



### Forderung:

Biegung:  $\sigma_b \leq \text{zul } \sigma_b$

Schub:  $\tau \leq \text{zul } \tau$

### Forderung:

Biegung:  $\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$

Schub:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

### Anmerkung:

Für Trägerhöhen  $< 600$  mm darf  $f_{m,g,d}$  um den Faktor

$$k_h = \min \left\{ \left( \frac{600}{h} \right)^{0,2}, 1,15 \right\} \text{ erhöht werden.}$$

### Anmerkung:

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Schub- und Biegefestigkeit. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Die Kurvenwerte für die Bemessung nach dem EC 5 liegen im gesamten Bereich sowohl für Schub- als auch für Biegebeanspruchungen oberhalb derjenigen nach DIN 1052. Der EC 5 ermöglicht somit in dieser Festigkeitsklasse durchwegs wirtschaftlichere Konstruktionen als DIN 1052. Dies gilt verstärkt für Trägerhöhen von weniger als 600 mm. Die gegenüber diesem angebotenen erhöhten Biegefestigkeiten werden im Diagramm nicht berücksichtigt.



# 4.1 Einfeldträger

(BS-Holz, Dachneigung 3°)

BS 11 (DIN 1052)/BS12 (DIN EN 1995-1-1)

$g/q = 0,5$  ; Nutzungsklasse: 1

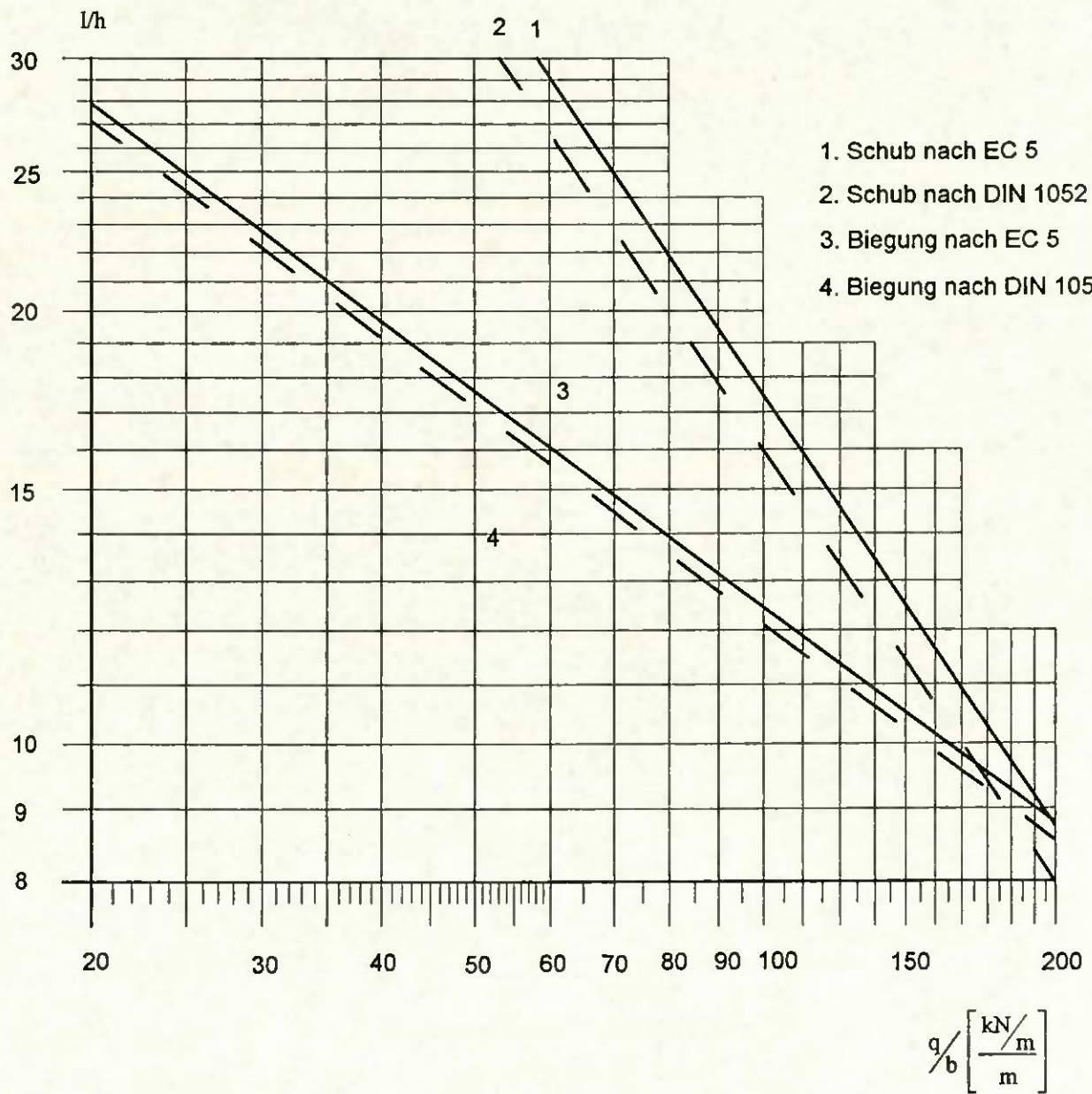
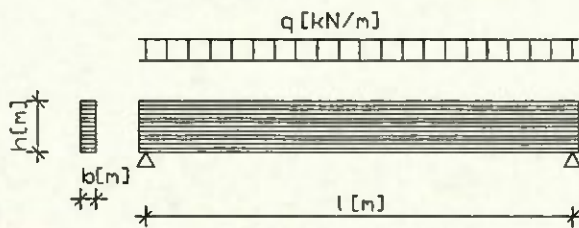
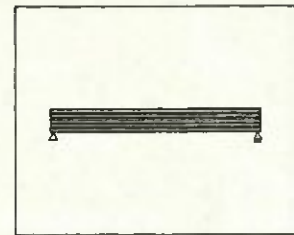


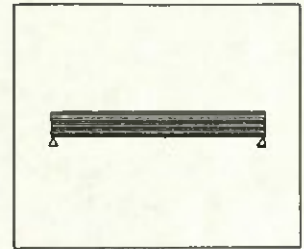
Bild 4.1: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise

## 4.2 Einfeldträger

gerade Form

BS 11(DIN1052)/BS12(DINV ENV 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



### Einfeldträger gerade Form, Rechteckquerschnitt

#### Voraussetzungen

Statisches System: Träger auf zwei Stützen

DIN 1052

DINV ENV 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Anwendungsbereich:** unter Dach,  $u \leq 18^\circ$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS11  
Sortierklasse S10 / MS10

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Nutzungs-kategorie:** 1

**Lasteinwirkungsdauer:** kurz

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 12  
Sortierklasse S10

#### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- q = g+s
- g = Eigengewicht
- s = Schnee
- $\varphi$  = Kriechbeiwert

#### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q_d = \gamma_o \cdot G + \gamma_q \cdot Q$
- G = Eigengewicht,  $\gamma_o = 1,35$
- Q = Schnee,  $\gamma_q = 1,5$
- $u_o$  = Überhöhung
- $u_1$  = Durchbiegung infolge ständiger Einwirkungen
- $u_2$  = Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen

**Elastizitätsmodul:**  $E = 11000 \text{ MN/m}^2$

**Mittelwert des Elastizitätsmoduls:**

$$E_{0,mean,g} = 11500 \text{ MN/m}^2$$

**Beiwerte  $k_{def}$  der Durchbiegung:**

ständige Last, Nutzungs-kategorie 1:  $k_{def} = 0,60$

#### Rechenwert der Durchbiegung:

$$\text{für: } \frac{g}{q} \geq 0,5 \Rightarrow \eta_k = \frac{3}{2} - \frac{g}{q} \Rightarrow \varphi = \frac{1}{\eta_k} - 1$$

$$f_q = \frac{5 \cdot q \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h^3} \cdot (1 + \varphi)$$

$$f_s = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h^3}$$

#### Bemessungswerte der Durchbiegung:

elastische Anfangsverformung Verkehrslast:

$$u_{2,inst} = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0,mean,g} \cdot b \cdot h^3}$$

Endverformung Gesamtlast:

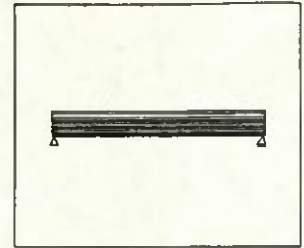
$$u_{net,fin} = \frac{5 \cdot (s + g \cdot (1 + k_{def})) \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0,mean,g} \cdot b \cdot h^3} - u_o$$

## 4.2 Einfeldträger

gerade Form

BS 11(DIN1052)/BS12(DINV ENV 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitssnachweise



**Einfeldträger**  
gerade Form, Rechteckquerschnitt

**Voraussetzungen**  
Statisches System: Träger auf zwei Stützen

DIN 1052

DINV ENV 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Anwendungsbereich:** unter Dach,  $u \leq 18^\circ$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS11  
Sortierklasse S10 / MS10

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Nutzungs-kategorie:** 1

**Lasteinwirkungsdauer:** kurz

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 12  
Sortierklasse S10

**Bezeichnungen:**

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h$  = Höhe des Rechteckquerschnittes
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q$  =  $g+s$
- $g$  = Eigengewicht
- $s$  = Schnee
- $\varphi$  = Kriechbeiwert

**Elastizitätsmodul:**  $E = 11000 \text{ MN/m}^2$

**Rechenwert der Durchbiegung:**

$$\text{für: } \frac{g}{q} \geq 0,5 \Rightarrow \eta_k = \frac{3}{2} - \frac{g}{q} \Rightarrow \varphi = \frac{1}{\eta_k} - 1$$

$$f_s = \frac{5 \cdot q \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h^3} \cdot (1 + \varphi)$$

$$f_i = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h^3}$$

**Bezeichnungen:**

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q_d = \gamma_o \cdot G + \gamma_q \cdot Q$
- $G$  = Eigengewicht,  $\gamma_o = 1,35$
- $Q$  = Schnee,  $\gamma_q = 1,5$
- $u_o$  = Überhöhung
- $u_1$  = Durchbiegung infolge ständiger Einwirkungen
- $u_2$  = Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen

**Mittelwert des Elastizitätsmoduls:**

$$E_{0,mean,g} = 11500 \text{ MN/m}^2$$

**Beiwerte  $k_{def}$  der Durchbiegung:**

ständige Last, Nutzungs-kategorie 1:  $k_{def} = 0,60$

**Bemessungswerte der Durchbiegung:**

elastische Anfangsverformung Verkehrs-kategorie:

$$u_{2,inst} = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0,mean,g} \cdot b \cdot h^3}$$

Endverformung Gesamtlast:

$$u_{net,fin} = \frac{5 \cdot (s + g \cdot (1 + k_{def})) \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0,mean,g} \cdot b \cdot h^3} - u_o$$

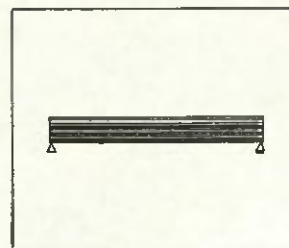


## 4.2 Einfeldträger

gerade Form

BS 11(DIN1052)/BS12(DINV ENV 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



**Forderung:**

$$f_q \leq \frac{1}{200} \text{ für überhöhte Träger}$$

$$f_q \leq \frac{1}{300} \text{ für nicht überhöhte Träger}$$

$$f_s \leq \frac{1}{300} \text{ für überhöhte Träger}$$

**Forderung:**

$$u_{2,inst} \leq \frac{1}{300}$$

$$u_{net,fin} \leq \frac{1}{200}$$

**Hinweise zu dem Diagramm:** Bei den in DINV ENV 1995-1-1 genannten Grenzen für die Durchbiegung handelt es sich um Empfehlungen. Für überhöhte Träger nach DINV ENV 1995-1-1 kann keine Forderung für  $l/h$  aufgestellt werden, da  $u_{net,fin}$  durch die Wahl von  $u_0$  beeinflusst wird. Als Abszissenwerte ist auch bei den Kurven nach DINV ENV 1995-1-1  $q$  (nicht  $q_d$  einzusetzen).

**Anmerkung:**

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind gegebene oder angenommene Grenzen der Durchbiegung. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Bei Verwendung von Linien, denen die gleiche Belastung zugeordnet ist, ergibt die höher gelegene den wirtschaftlicheren Querschnitt. Der Durchbiegung unter Gesamtlast kann bei den empfohlenen Grenzen des EC 5 immer durch eine hinreichende Überhöhung begegnet werden, so daß diese dann nicht bemessungsmaßgebend wird.

## 4.2 Einfeldträger

gerade Form

BS 11 (DIN 1052)/ BS 12 (DIN EN 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ , Nutzungsklasse: 1

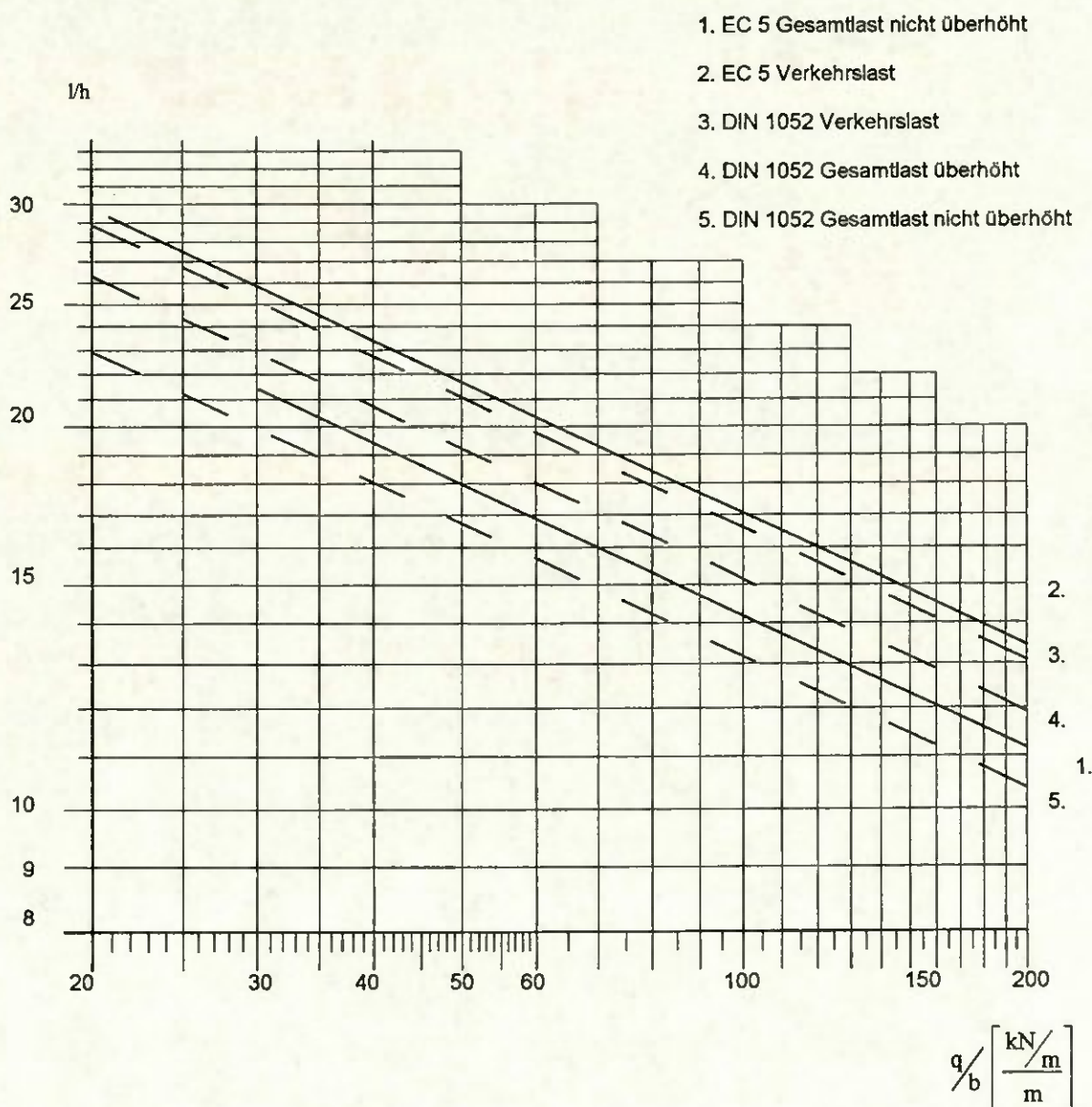
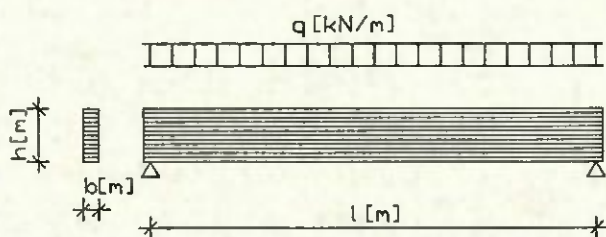
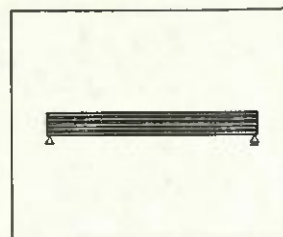


Bild 4.2: Diagramm zum Vergleich der Gebrauchstauglichkeitsnachweise



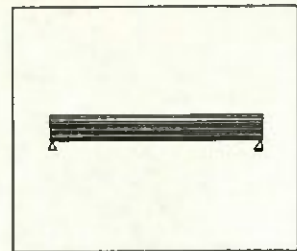


## 4.3 Einfeldträger

gerade Form

BS 14

Tragfähigkeitsnachweise



### Forderung:

Biegung:  $\sigma_b \leq \text{zul } \sigma_b$

Schub:  $\tau \leq \text{zul } \tau$

### Forderung:

Biegung:  $\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$

Schub:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

### Anmerkung:

Für Trägerhöhen  $< 600$  mm darf  $f_{m,d}$  um den Faktor

$$k_h = \min \left\{ \left( \frac{600}{h} \right)^{0,2}, 1,15 \right\} \text{ erhöht werden.}$$

### Anmerkung:

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Schub- und Biegefestigkeit. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Die Kurvenwerte für die Bemessung nach dem EC 5 liegen im gesamten Bereich sowohl für Schub- als auch für Biegebeanspruchungen unterhalb derjenigen nach DIN 1052. Diese ermöglicht in dieser Festigkeitsklasse somit durchwegs wirtschaftlichere Konstruktionen als der EC 5. Dies gilt nicht in jedem Fall für Trägerhöhen von weniger als 600 mm. Die gegenüber diesem zum EC 5 angebotenen erhöhten Biegefestigkeiten werden im Diagramm nicht berücksichtigt.

### 4.3 Einfeldträger

(BS-Holz, Dachneigung 3°)

BS 14

$g/q = 0,5$  ; Nutzungsklasse: 1

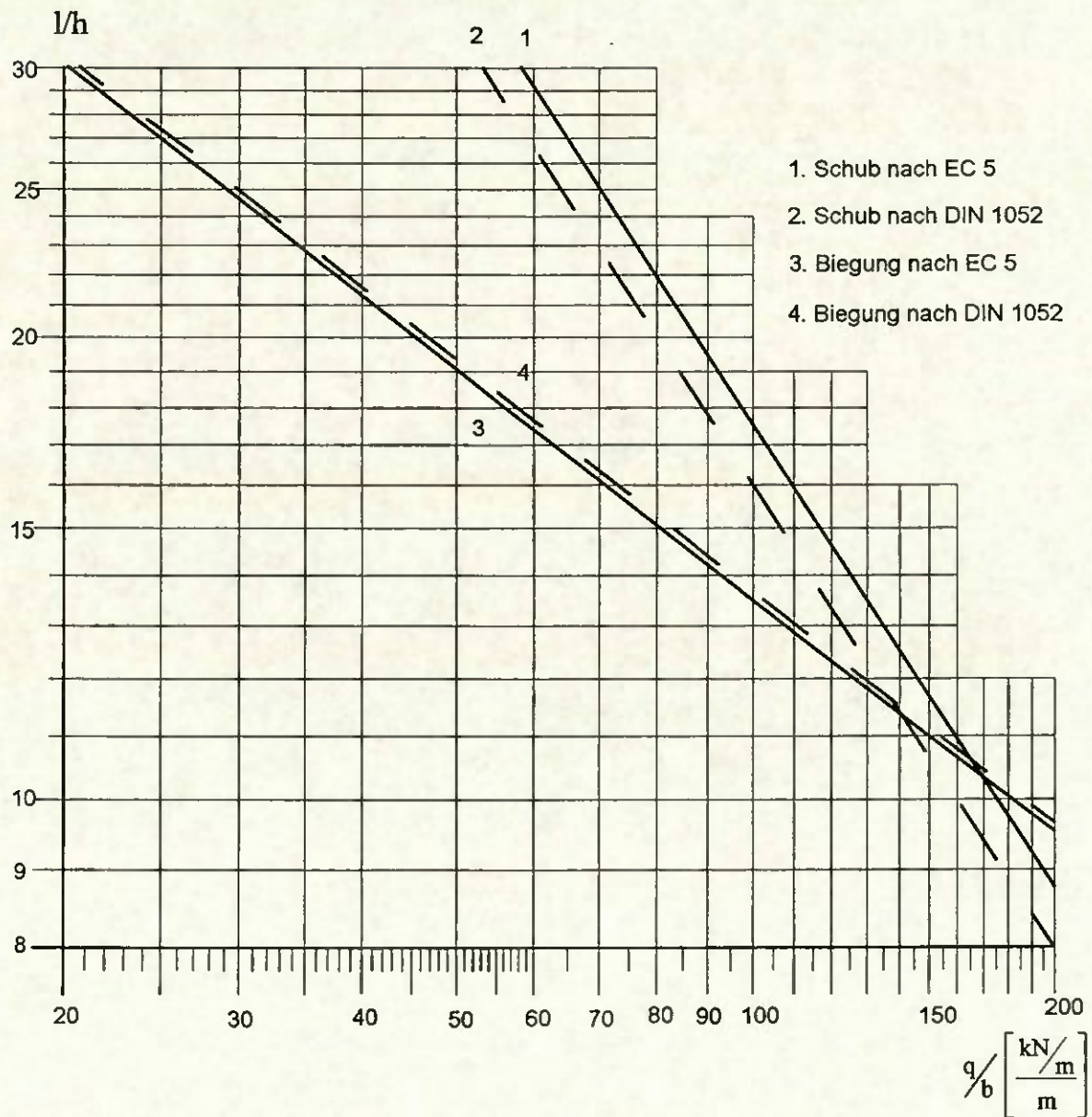
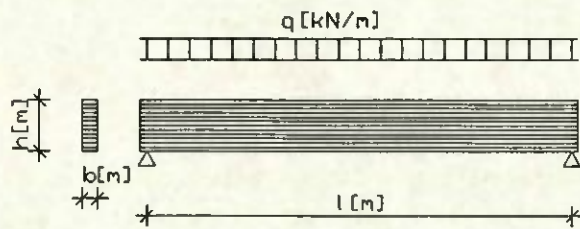
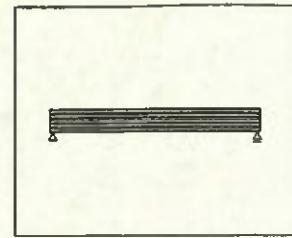


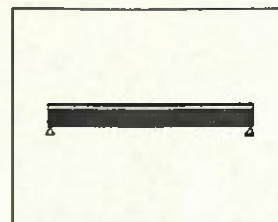
Bild 4.3: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise

## 4.4 Einfeldträger

gerade Form

BS14,

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



**Einfeldträger**  
gerade Form, Rechteckquerschnitt

**Voraussetzungen**  
Statisches System: Träger auf zwei Stützen

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Anwendungsbereich:** unter Dach,  $u \leq 18^\circ$   
**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS14  
Sortierklasse S13

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Nutzungsgruppe:** 1  
**Lasteinwirkungsdauer:** kurz  
**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 14  
Sortierklasse S13

**Bezeichnungen:**

$l$  = Stützweite des Trägers  
 $h$  = Höhe des Rechteckquerschnittes  
 $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes  
 $q = g + s$   
 $g$  = Eigengewicht  
 $s$  = Schnee  
 $\varphi$  = Kriechbeiwert

**Bezeichnungen:**

$l$  = Stützweite des Trägers  
 $h$  = Höhe des Rechteckquerschnittes  
 $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes  
 $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$   
 $G$  = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$   
 $Q$  = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$   
 $u_0$  = Überhöhung  
 $u_1$  = Durchbiegung infolge ständiger Einwirkungen  
 $u_2$  = Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen

**Elastizitätsmodul:**  $E = 12000 \text{ MN/m}^2$

**Mittelwert des Elastizitätsmoduls:**

$$E_{0, \text{mean}, g} = 12500 \text{ MN/m}^2$$

**Beiwerte  $k_{\text{def}}$  der Durchbiegung:**

ständige Last, Nutzungsgruppe 1:  $k_{\text{def}} = 0,60$

**Rechenwert der Durchbiegung:**

$$\text{für: } \frac{g}{q} \geq 0,5 \Rightarrow \eta_k = \frac{3}{2} - \frac{g}{q} \Rightarrow \varphi = \frac{1}{\eta_k} - 1$$

$$f_s = \frac{5 \cdot q \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h^3} \cdot (1 + \varphi)$$

$$f_t = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h^3}$$

**Bemessungswerte der Durchbiegung:**

elastische Anfangsverformung Verkehrslast:

$$u_{2, \text{inst}} = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0, \text{mean}, g} \cdot b \cdot h^3}$$

Endverformung Gesamtlast:

$$u_{\text{net}, \text{fin}} = \frac{5 \cdot (s + g \cdot (1 + k_{\text{def}})) \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0, \text{mean}, g} \cdot b \cdot h^3} - u_0$$

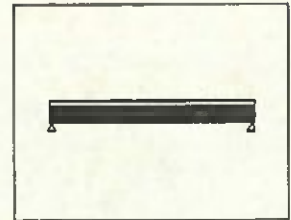


## 4.4 Einfeldträger

gerade Form

BS14,

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



**Forderung:**

$$f_s \leq \frac{l}{200} \text{ für überhöhte Träger}$$

$$f_s \leq \frac{l}{300} \text{ für nicht überhöhte Träger}$$

$$f_s \leq \frac{l}{300} \text{ für überhöhte Träger}$$

**Forderung:**

$$u_{2, \text{int}} \leq \frac{l}{300}$$

$$u_{\text{net, fin}} \leq \frac{l}{200}$$

**Hinweise zu dem Diagramm:** Bei den in DINV ENV 1995-1-1 genannten Grenzen für die Durchbiegung handelt es sich um Empfehlungen. Für überhöhte Träger nach DINV ENV 1995-1-1 kann keine Forderung für  $l/h$  aufgestellt werden, da  $u_{\text{net, fin}}$  durch die Wahl von  $u_0$  beeinflusst wird. Als Abszissenwerte ist auch bei den Kurven nach DINV ENV 1995-1-1  $q$  (nicht  $q_d$  einzusetzen).

**Anmerkung:**

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind gegebene oder angenommene Grenzen der Durchbiegung. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Bei Verwendung von Linien, denen die gleiche Belastung zugeordnet ist, ergibt die höher gelegene den wirtschaftlicheren Querschnitt. Der Durchbiegung unter Gesamtlast kann bei den empfohlenen Grenzen des EC 5 immer durch eine hinreichende Überhöhung begegnet werden, so daß diese dann nicht bemessungsmaßgebend wird.

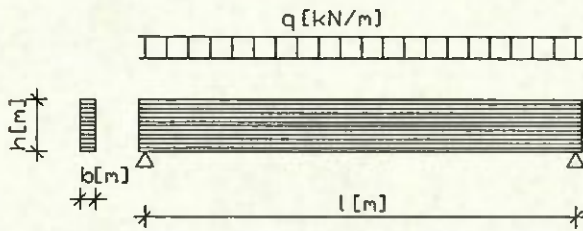
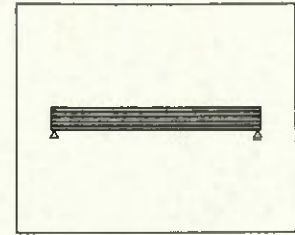
# 4.4 Einfeldträger

gerade Form

BS 14

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$  , Nutzungsklasse: 1



$l/h$

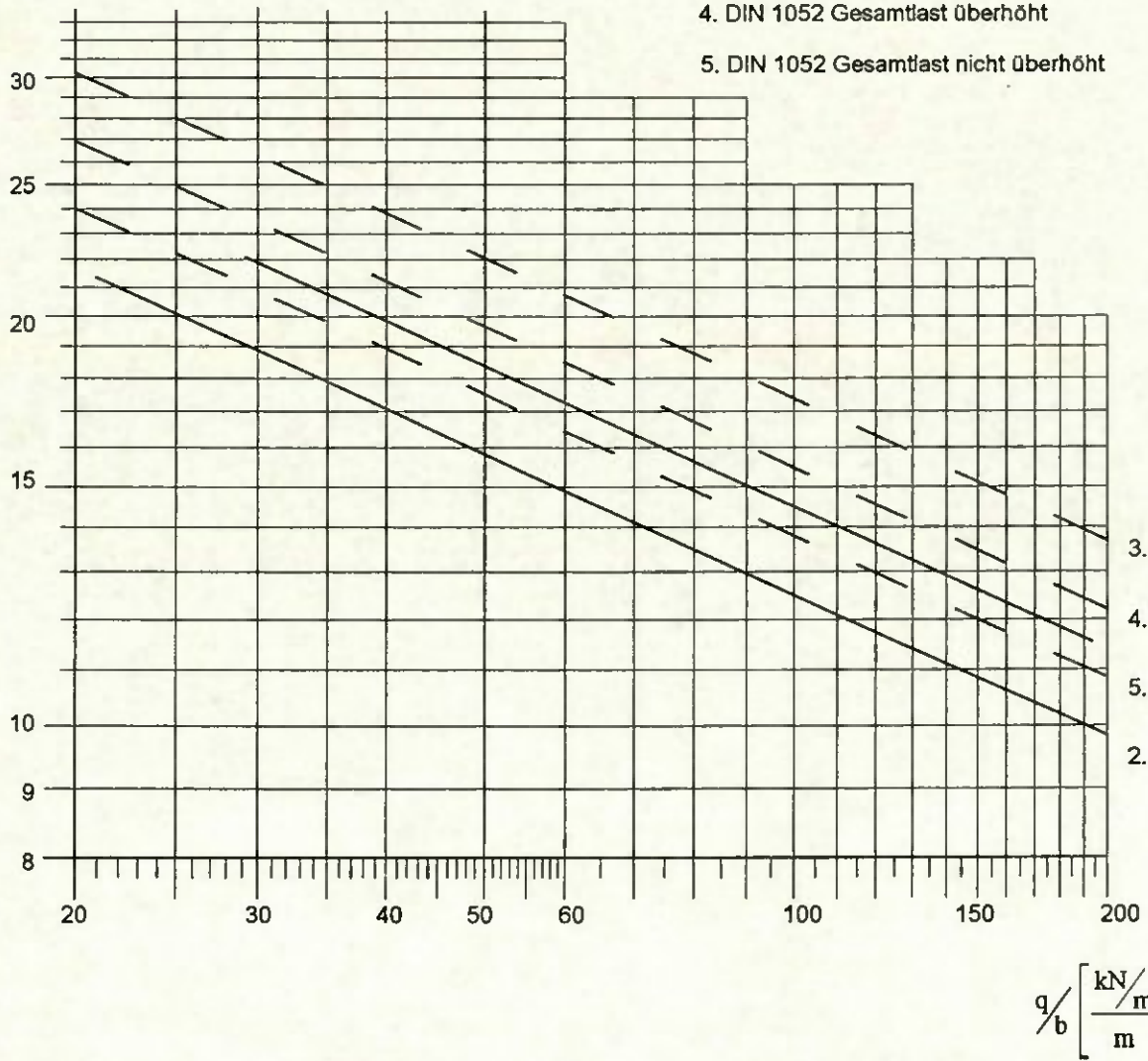


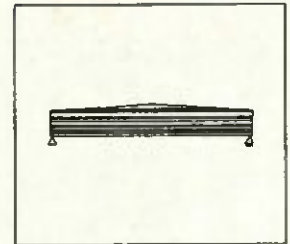
Bild 4.4: Diagramm zum Vergleich der Gebrauchstauglichkeitsnachweise

## 4.5 Einfeldträger

3° Dachneigung

BS 14

Tragfähigkeitsnachweise



### Einfeldträger

Dachneigung 3°, Rechteckquerschnitt

#### Voraussetzungen

**Statisches System:** Einfeldträger, Obergurt mit 3° vom First zur Traufe fallend, Firstlage symmetrisch, Träger kontinuierlich gegen Kippen gehalten

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Anwendungsbereich:** unter Dach,  $u \leq 18^\circ$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS14  
Sortierklasse S13

**zulässige Spannungen:**      zul  $\sigma_b$    = 14 MN/m<sup>2</sup>  
  zul  $\tau$        = 1,2 MN/m<sup>2</sup>

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Nutzungs-kategorie:**           1 oder 2

**Lasteinwirkungsdauer:**       kurz

$$\Rightarrow k_{mod} = 0,9$$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 14  
Sortierklasse S13

**charakteristische Festigkeiten:**  $f_{m,0,k} = 28 \text{ MN/m}^2$   
 $f_{v,0,k} = 2,7 \text{ MN/m}^2$   
 $f_{c,90,0,k} = 5,50 \text{ MN/m}^2$

#### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- q = g+s
- g = Eigengewicht
- s = Schnee

#### Rechenwert der Biegespannung:

$$\sigma_b = M_t \cdot \frac{6}{h_t^2 \cdot b} \leq 14 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{mit: } \xi = \frac{h_a}{2 \cdot h_m}, \quad h_t = h_a + 2 \cdot (h_m - h_a) \cdot \xi$$

$$M_t = \frac{\xi \cdot (1 - \xi)}{2} \cdot q \cdot l^2$$

#### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q_d = \gamma_o \cdot G + \gamma_q \cdot Q$
- G = Eigengewicht,  $\gamma_o = 1,35$
- Q = Schnee,  $\gamma_q = 1,5$

#### Bemessungswert der Biegespannung am faserparallelen Rand:

$$\sigma_{m,0,d} = (1 + 4 \cdot \tan^2 3^\circ) \cdot M_t \cdot \frac{6}{h_t^2 \cdot b}$$

$$\text{mit: } \xi = \frac{h_a}{2 \cdot h_m}, \quad h_t = h_a + 2 \cdot (h_m - h_a) \cdot \xi$$

$$M_t = \frac{\xi \cdot (1 - \xi)}{2} \cdot q \cdot l^2$$

#### Bemessungswert der Biegespannung am angeschnittenen Rand:

$$\sigma_{m,3^\circ,d} = (1 - 4 \cdot \tan^2 3^\circ) \cdot M_t \cdot \frac{6}{h_t^2 \cdot b}$$

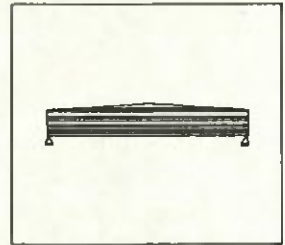


## 4.5 Einfeldträger

3° Dachneigung

BS 14

Tragfähigkeitsnachweise



Rechenwert der Schubspannung:

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h_1 \cdot b}$$

Forderung:

Biegung:  $\sigma_B \leq \text{zul } \sigma_B$

Schub:  $\tau \leq \text{zul } \tau$

Rechenwert der Schubspannung:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{q_d \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h_1 \cdot b}$$

Bemessungswert der Biegefestigkeit:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}}, \quad \gamma_M = 1,3$$

Bemessungswert der Schubfestigkeit:

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{\text{mod}}, \quad \gamma_M = 1,3$$

Bemessungswert der Druckfestigkeit senkrecht zur Faser

$$f_{c,90,d} = f_{c,90,g,d} \cdot \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M}, \quad \gamma_M = 1,3$$

Forderung:

Biegung:  $\sigma_{m,0,d} \leq f_{m,0,g,d} \cdot k_h$

$$\sigma_{m,3^\circ,d} \leq f_{m,3^\circ,g,d} \cdot k_h$$

mit: 
$$f_{m,3^\circ,g,d} = \frac{f_{m,g,d}}{\frac{f_{m,g,d}}{f_{c,90,g,d}} \cdot \sin^2 3^\circ + \cos^2 3^\circ}$$

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} 600^{0,2} \\ h \\ 1,15 \end{array} \right. \quad \text{für } h \leq 600 \text{ mm}$$

Schub:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

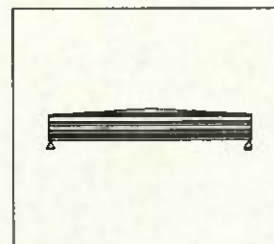
**Hinweise zu dem Diagramm:** Die Erhöhung der Biegefestigkeit mit dem Faktor  $k_h$  für Bauteile geringer Höhe aus BS - Holz wurde beim Aufstellen der Diagramme nicht berücksichtigt. Für BS - Holz mit Höhen  $\leq 600$  mm liefert das Diagramm daher zu kleine Werte  $1/h$  für die Berechnung nach DINV ENV 1995-1-1. Als Abszissenwert ist auch bei den Kurven nach DINV ENV 1995-1-1  $q$  (nicht  $q_d$ ) einzusetzen.

## 4.5 Einfeldträger

3° Dachneigung

BS 14

Tragfähigkeitsnachweise



### Anmerkung:

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h_a$  am Auflager bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Schub- und Biegefestigkeit. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Die Kurvenwerte für die Bemessung nach dem EC 5 liegen für die gewählte Festigkeitsklasse im gesamten Bereich für Schubbeanspruchungen oberhalb,- für Biegebeanspruchungen unterhalb derjenigen nach DIN 1052. Die höher angeordneten Linien ergeben die wirtschaftlicheren Dimensionen als die darunterliegenden. Dies gilt nicht in jedem Falle für sich bei der Biegebemessung nach dem EC 5 ergebende Trägerhöhen von weniger als 600 mm. Die gegenüber diesem angebotenen erhöhten Biegefestigkeiten werden im Diagramm nicht berücksichtigt.

# 4.5 Einfeldträger

3° Dachneigung

BS 14

Tragfähigkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

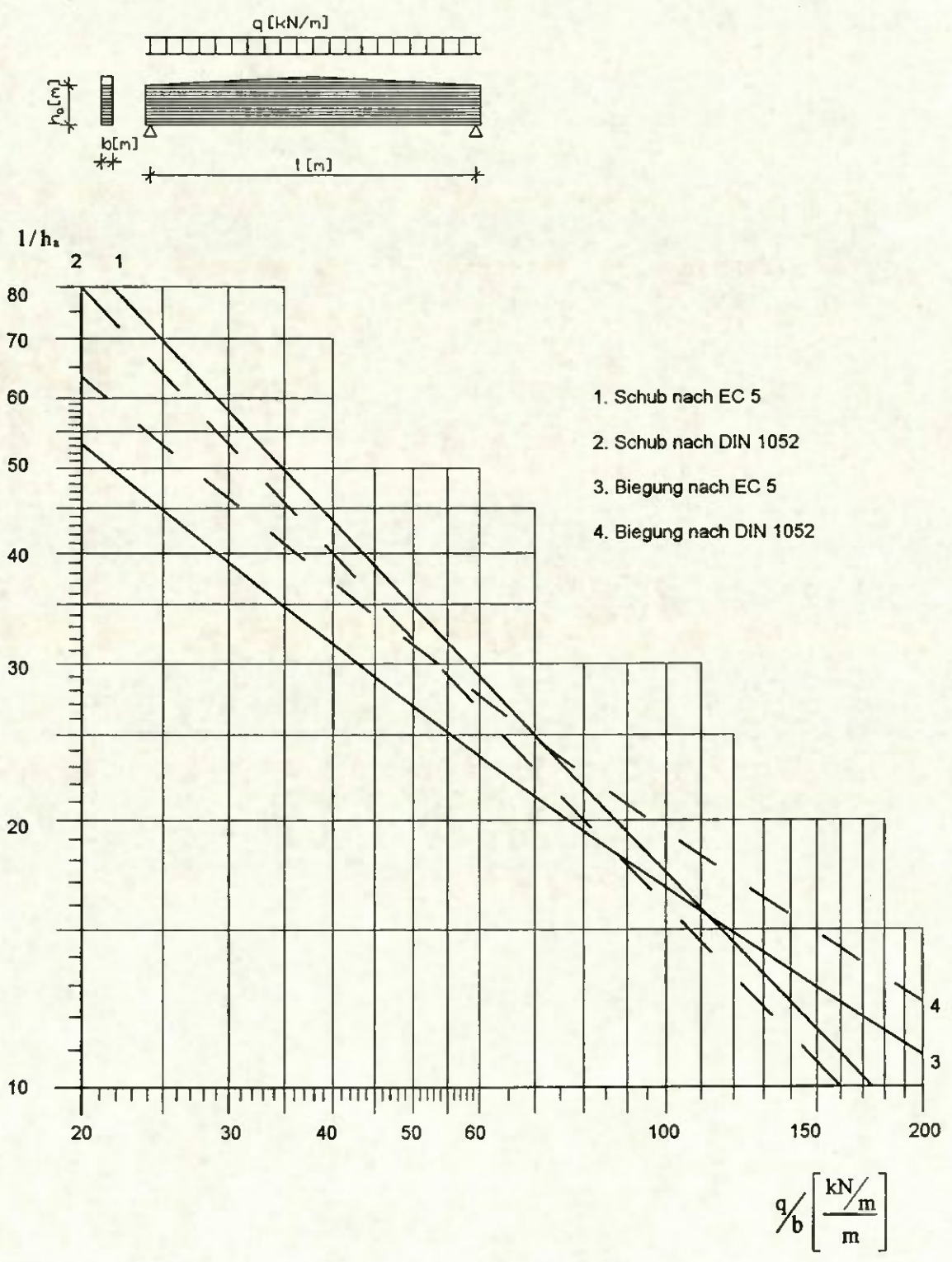
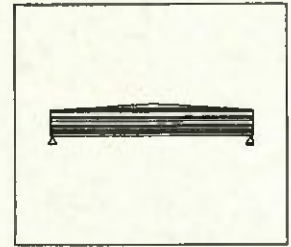


Bild 4.5: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise

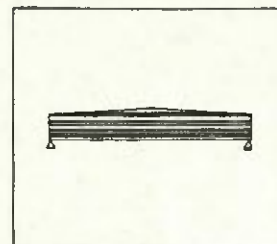


## 4.6 Einfeldträger

3° Dachneigung

BS 14

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



### Einfeldträger Dachneigung 3°, Rechteckquerschnitt

#### Voraussetzungen

**Statisches System:** Einfeldträger, Obergurt mit 3° vom First zur Traufe fallend, Untergurt gerade oder leicht überhöht, Firstlage symmetrisch, Träger kontinuierlich gegen Kippen gehalten

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Anwendungsbereich:** unter Dach,  $u \leq 18^\circ$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS14  
Sortierklasse S13

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Nutzungsklasse:** 1 oder 2

**Lasteinwirkungsdauer:** kurz

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 14  
Sortierklasse S13

#### Bezeichnungen:

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h_v$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q = g + s$
- $g$  = Eigengewicht
- $s$  = Schnee
- $\varphi$  = Kriechbeiwert

#### Bezeichnungen:

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h_v$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$
- $G$  = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
- $Q$  = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$
- $u_o$  = Überhöhung
- $u_1$  = Durchbiegung infolge ständiger Einwirkungen
- $u_2$  = Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen

**Elastizitätsmodul:**  $E = 12000 \text{ MN/m}^2$

**Mittelwert des Elastizitätsmoduls:**

$$E_{0, \text{mean}, g} = 12500 \text{ MN / m}^2$$

**Beiwerte  $k_{def}$  der Durchbiegung:**

- ständige Last, Nutzungsklasse 1:  $k_{def} = 0,60$
- ständige Last, Nutzungsklasse 1:  $k_{def} = 0,80$

**Rechenwert der Durchbiegung:**

$$\text{für: } \frac{g}{q} \geq 0,5 \Rightarrow \eta_k = \frac{3}{2} \frac{g}{q} \Rightarrow \varphi = \frac{1}{\eta_k} - 1$$

$$f_v = \frac{5 \cdot q \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h_v^3} \cdot (1 + \varphi) \quad f_t = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h_v^3}$$

$$\text{mit: } h_v \approx h_t + \frac{1}{3} \cdot \tan 3^\circ$$

**Bemessungswerte der Durchbiegung:**

elastische Anfangsverformung Verkehrslasten

$$u_{2, \text{inst}} = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0, \text{mean}, g} \cdot b \cdot h_v^3}$$

Endverformung Gesamtlast

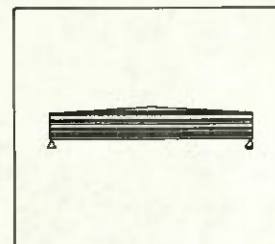
$$u_{\text{net}, \text{fin}} = \frac{5 \cdot (s + g \cdot (1 + k_{def})) \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0, \text{mean}, g} \cdot b \cdot h_v^3} - u_o$$

## 4.6 Einfeldträger

3° Dachneigung

BS 14

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



**Forderung:**

$$f_s \leq \frac{l}{200} \text{ für überhöhte Träger}$$

$$f_s \leq \frac{l}{300} \text{ für nicht überhöhte Träger}$$

$$f_s \leq \frac{l}{300} \text{ für überhöhte Träger}$$

**Forderung:**

$$u_{2,inst} \leq \frac{l}{300}$$

$$u_{net,fn} \leq \frac{l}{200}$$

**Hinweise zu dem Diagramm:** Bei den in DINV ENV 1995-1-1 genannten Grenzen für die Durchbiegung handelt es sich um Empfehlungen. Für überhöhte Träger nach DINV ENV 1995-1-1 kann keine Forderung für  $l/h$  aufgestellt werden, da  $u_{net,fn}$  durch die Wahl von  $u_0$  beeinflusst wird. Als Abszissenwerte ist auch bei den Kurven nach DINV ENV 1995-1-1  $q$  (nicht  $q_d$  einzusetzen).

**Anmerkung:**

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h_a$  am Auflager bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind gegebene oder angenommene Grenzen der Durchbiegung. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Bei Verwendung von Linien, denen die gleiche Belastung zugeordnet ist, ergibt die höher gelegene den wirtschaftlicheren Querschnitt. Der Durchbiegung unter Gesamtlast kann bei den empfohlenen Grenzen des EC 5 immer durch eine hinreichende Überhöhung begegnet werden, so daß diese dann nicht bemessungsmaßgebend wird.

# 4.6 Einfeldträger

3° Dachneigung

BS 14

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse 1

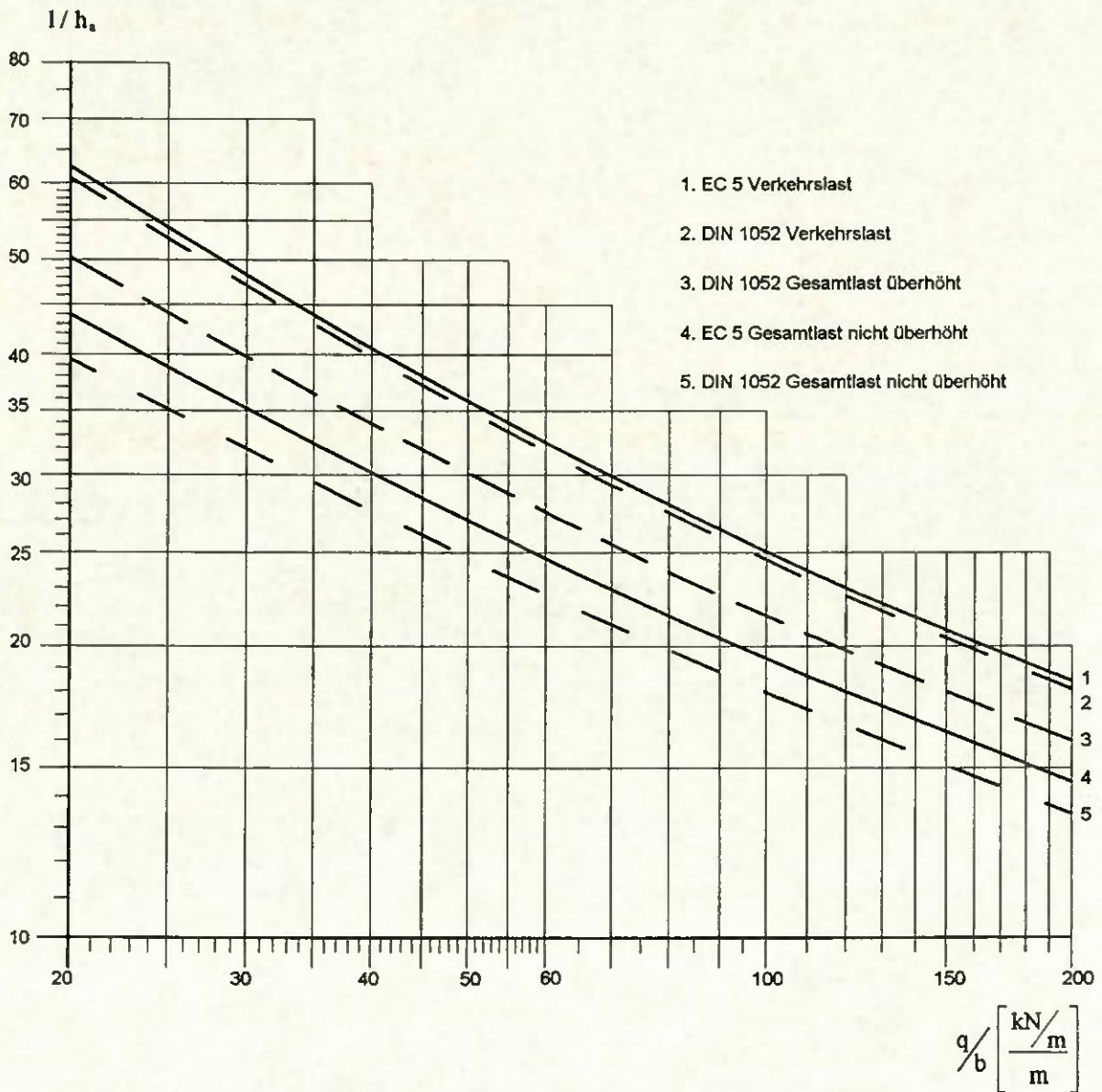
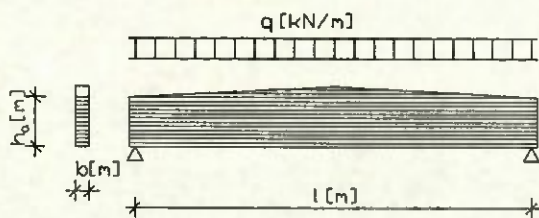
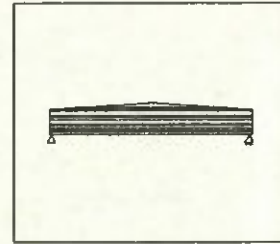
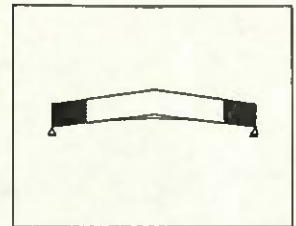


Bild 4.6.1: Diagramm zum Vergleich der Gebrauchstauglichkeitsnachweise



## 4.7 Satteldachträger

BS 11 (DIN 1052)/BS12(DIN V ENV 1995-1-1)  
Tragfähigkeitsnachweise



### Satteldachträger Rechteckquerschnitt, Dachneigung bis 15°

**Voraussetzungen**  
Statisches System: Träger auf zwei Stützen

DIN 1052

DIN V ENV 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Anwendungsbereich:** unter Dach

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS11  
Sortierklasse S10 / MS10

**zulässige Spannungen:**

zul $\sigma_b$	= 11 MN/m <sup>2</sup>
zul $\tau$	= 1,2 MN/m <sup>2</sup>
zul $\sigma_{\perp}$	= 0,2 MN/m <sup>2</sup>

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Nutzungs-kategorie:** 1 oder 2

**Lasteinwirkungsdauer:** kurz

$$\Rightarrow k_{mod} = 0,9$$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 12  
Sortierklasse S10

**Charakteristische Festigkeiten:**

$f_{m,d,k}$	= 24 MN/m <sup>2</sup>
$f_{v,d,k}$	= 2,7 MN/m <sup>2</sup>
$f_{t,90,k}$	= 0,35 MN/m <sup>2</sup>

#### Bezeichnungen:

l = Stützweite des Trägers  
 $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager  
 $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First  
 $\Delta h$  = durch Ausrundung sich ergebende zusätzliche Höhe im First  
 $k = h_a / h_m$   
b = Breite des Rechteckquerschnittes  
 $R_m$  = Ausrundungsradius in Trägerachse  
E = Elastizitätsmodul des Baustoffes (E = 11000 MN/m<sup>2</sup>)  
q = g+s  
g = Eigengewicht  
s = Schnee

#### Rechenwert der Biegespannung:

$$\sigma_b = M_z \cdot \frac{6}{h_a^2 \cdot b} \leq 14 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{mit: } \xi = \frac{h_a}{2 \cdot h_m}, \quad h_z = h_a + 2 \cdot (h_m - h_a) \cdot \xi$$

$$M_z = \frac{\xi \cdot (1 - \xi)}{2} \cdot q \cdot l^2$$

#### Bezeichnungen:

l = Stützweite des Trägers  
 $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager  
 $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First  
 $\Delta h$  = durch Ausrundung sich ergebende zusätzliche Höhe im First  
 $k = h_a / h_m$   
b = Breite des Rechteckquerschnittes  
 $R_m$  = Ausrundungsradius in Trägerachse  
E = Elastizitätsmodul des Baustoffes (E = 11500 MN/m<sup>2</sup>)  
 $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$   
G = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$   
Q = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$

#### Bemessungswert der Biegespannung:

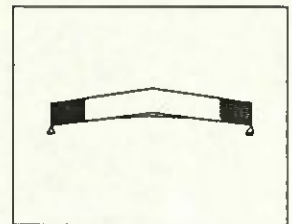
$$\sigma_{m,d} = M_z \cdot \frac{6}{h_a^2 \cdot b} \leq 14 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{mit: } \xi = \frac{h_a}{2 \cdot h_m}, \quad h_z = h_a + 2 \cdot (h_m - h_a) \cdot \xi$$

$$M_z = \frac{\xi \cdot (1 - \xi)}{2} \cdot q_d \cdot l^2$$

## 4.7 Satteldachträger

BS 11 (DIN 1052)/BS12(DINV ENV 1995-1-1)  
Tragfähigkeitsnachweise



Rechenwert der Schubspannung:

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h_e \cdot b}$$

Rechenwert der Querkzugspannung:

$$\sigma_{\perp} = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h_m^2 \cdot b} \cdot \frac{h_m}{4 \cdot R_m}$$

Forderung:

Biegung:  $\sigma_b \leq \text{zul } \sigma_b$

Schub:  $\tau \leq \text{zul } \tau$

Querkzug:  $\sigma_{\perp} \leq \text{zul } \sigma_{\perp}$  und  $R_m \geq 17,5 h_m$

Bemessungswert der Schubspannung:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{q_d \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h \cdot b}$$

Bemessungswert der Querkzugspannung:

$$\sigma_{i,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{sp,d}}{b \cdot h_{sp}^2}$$

Bemessungswert der Biegefestigkeit:

$$f_{m,g,d} = \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod}, \quad \gamma_M = 1,3$$

für Trägerhöhe > 600 mm

Bemessungswert der Schubfestigkeit:

$$f_{v,g,d} = \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod}, \quad \gamma_M = 1,3$$

Bemessungswert der Querkzugfestigkeit:

$$f_{t,90,g,d} = f_{t,90,g,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M}, \quad \gamma_M = 1,3$$

Forderung:

Biegung:  $\sigma_{m,d} \leq f_{m,g,d}$

Schub:  $\tau_d \leq f_{v,g,d}$

Querkzug:  $\sigma_{t,90,g,d} \leq k_{dim} \cdot \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} \cdot f_{t,90,g,d}$

$$R_m \geq 12,24 \cdot \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} \cdot h_m$$

**Anmerkung:**

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h_a$  am Auflager bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Schub- und Biegefestigkeit. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Die Kurvenwerte für die Bemessung nach dem EC 5 liegen im gesamten Bereich sowohl für Schub- als auch für Biegebeanspruchungen oberhalb derjenigen nach DIN 1052. Der EC 5 ermöglicht somit in dieser Festigkeitsklasse durchwegs wirtschaftlichere Konstruktionen als DIN 1052.

# 4.7 Satteldachträger

BS 11 (DIN 1052)/BS12(DIN EN 1995-1-1)

Tragfähigkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

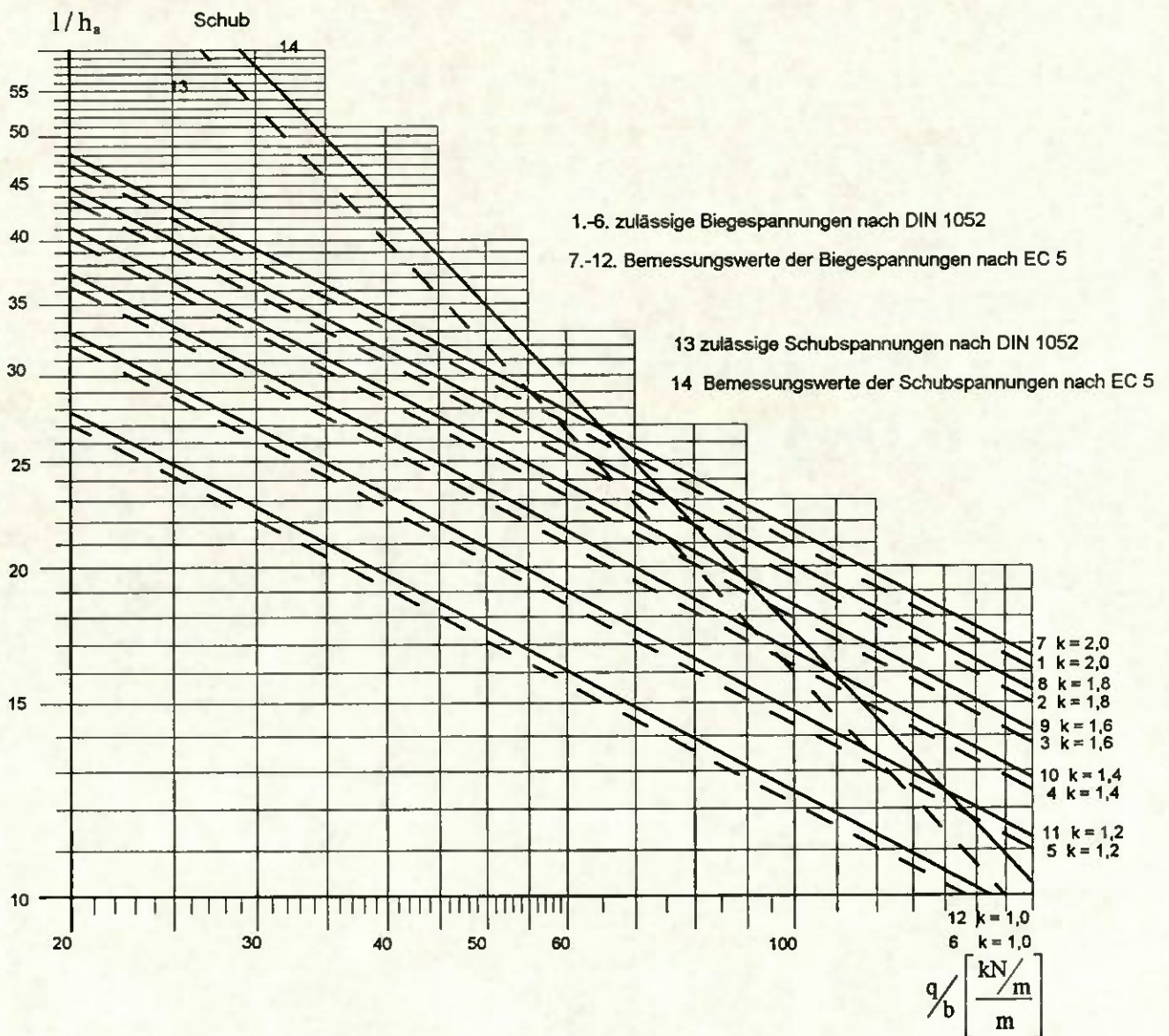
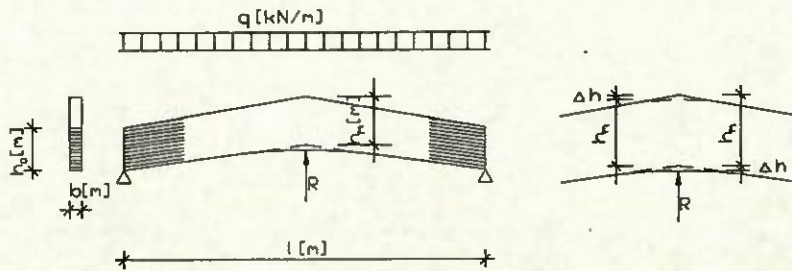
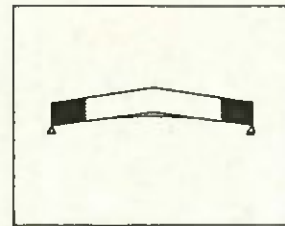


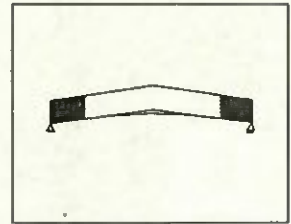
Bild 4.7: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise  $k = h_m / h_a$



## 4.8 Satteldachträger

BS11 (DIN 1052)/BS12 (DIN EN 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



### Satteldachträger

Rechteckquerschnitt, Dachneigung bis 15°

#### Voraussetzungen

Statisches System: Einfeldträger, Obergurt mit  $\alpha \leq 15^\circ$  vom First zur Traufe fallend, Untergurt angehoben, Firstlage symmetrisch

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

Belastung: Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

Anwendungsbereich: unter Dach,  $u \leq 18^\circ$

Baustoff: Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS11  
Sortierklasse S10 / MS10

Einwirkungen: Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

Nutzungsstufe: 1 oder 2

Lasteinwirkungsdauer: kurz

Baustoff: Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 12  
Sortierklasse S10

#### Bezeichnungen:

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h_x$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q$  =  $g+s$
- $g$  = Eigengewicht
- $s$  = Schnee
- $\varphi$  = Kriechbeiwert

#### Bezeichnungen:

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h_x$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$
- $G$  = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
- $Q$  = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$
- $u_o$  = Überhöhung
- $u_1$  = Durchbiegung infolge ständiger Einwirkungen
- $u_2$  = Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen

Elastizitätsmodul:  $E = 11000 \text{ MN/m}^2$

Mittelwert des Elastizitätsmoduls:

$$E_{0, \text{mean}, g} = 11500 \text{ MN/m}^2$$

Beiwerte  $k_{\text{def}}$  der Durchbiegung:

ständige Last, Nutzungsstufe 1:  $k_{\text{def}} = 0,60$

ständige Last, Nutzungsstufe 1:  $k_{\text{def}} = 0,80$

#### Rechenwert der Durchbiegung:

$$\text{für: } \frac{g}{q} \geq 0,5 \Rightarrow \eta_k = \frac{3}{2} \cdot \frac{g}{q} \Rightarrow \varphi = \frac{1}{\eta_k} - 1$$

$$f_s = \frac{5 \cdot q \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h_x^3} \cdot (1 + \varphi)$$

$$f_i = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h_x^3}$$

$$\text{mit: } h_x = \frac{2}{3} \cdot h_m + \frac{1}{3} \cdot h_a$$

#### Bemessungswerte der Durchbiegung:

elastische Anfangsverformung Verkehrslasten:

$$u_{2, \text{inst}} = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0, \text{mean}, g} \cdot b \cdot h_x^3}$$

Endverformung Gesamtlast:

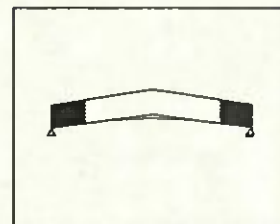
$$u_{\text{net}, \text{fin}} = \frac{5 \cdot (s + g \cdot (1 + k_{\text{def}})) \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0, \text{mean}, g} \cdot b \cdot h_x^3} - u_o$$

$$\text{mit: } h_x = \frac{2}{3} \cdot h_m + \frac{1}{3} \cdot h_a$$

## 4.8 Satteldachträger

BS11 ( DIN 1052)/BS12 ( DINV ENV 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



### Forderung:

$$f_q \leq \frac{l}{200} \text{ für überhöhte Träger}$$

$$f_q \leq \frac{l}{300} \text{ für nicht überhöhte Träger}$$

$$f_l \leq \frac{l}{300} \text{ für überhöhte Träger}$$

### Forderung:

$$u_{2, \text{max}} \leq \frac{l}{300}$$

$$u_{\text{net}, \text{fin}} \leq \frac{l}{200}$$

**Hinweise zu dem Diagramm:** Bei den in DINV ENV 1995-1-1 genannten Grenzen für die Durchbiegung handelt es sich um Empfehlungen. Für überhöhte Träger nach DINV ENV 1995-1-1 kann keine Forderung für  $l/h$  aufgestellt werden, da  $u_{\text{net}, \text{fin}}$  durch die Wahl von  $u_0$  beeinflusst wird. Als Abszissenwerte ist auch bei den Kurven nach DINV ENV 1995-1-1  $q$  ( nicht  $q_d$  einzusetzen ).

### Anmerkung:

Aus den folgenden Diagrammen kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h_a$  am Auflager bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind gegebene oder angenommene Grenzen der Durchbiegung. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Bei Verwendung von Linien, denen die gleiche Belastung zugeordnet ist, ergibt die höher gelegene den wirtschaftlicheren Querschnitt. Der Durchbiegung unter Gesamtlast kann bei den empfohlenen Grenzen des EC 5 immer durch eine hinreichende Überhöhung begegnet werden, so daß diese dann nicht bemessungsmaßgebend wird.

Die Bemessungslinien nach dem EC 5 enthalten Anteile aus Langzeitverformungen (Kriechen), nicht jedoch diejenigen nach DIN 1052.

# 4.8 Satteldachträger

BS 11 (DIN 1052)/BS12(DINV ENV 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$  ; Nutzungsklasse: 1

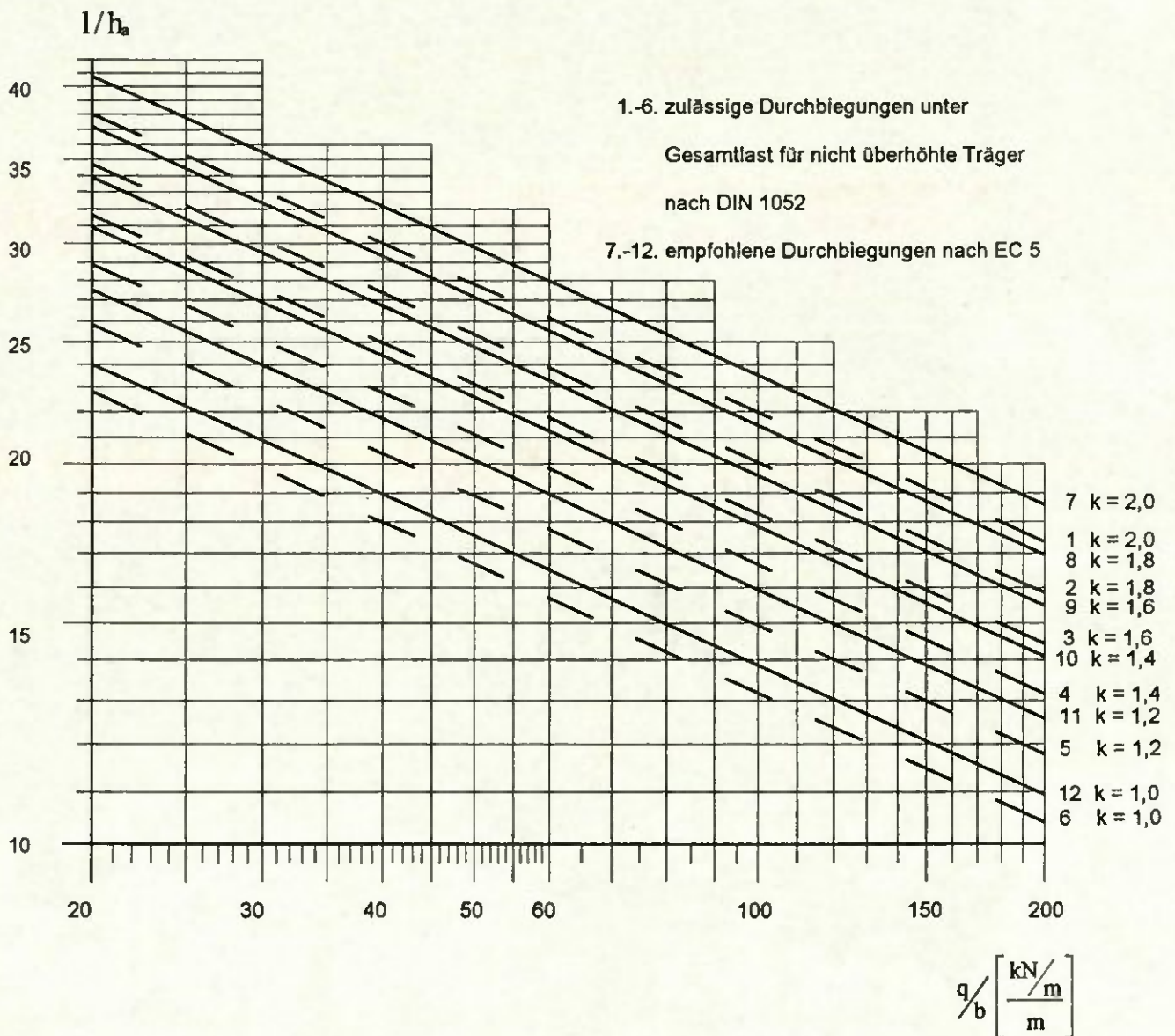
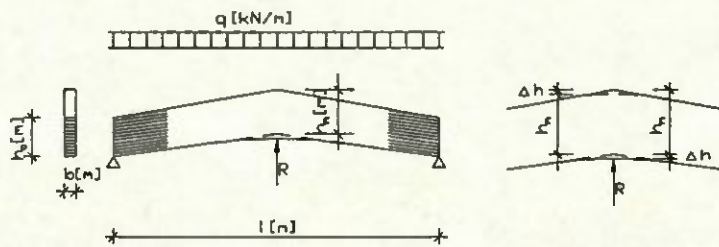
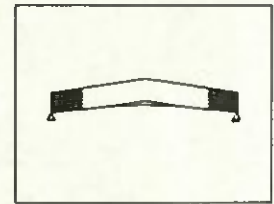


Bild 4.8.1: Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Gesamtlast für nicht überhöhte Träger  $k = h_m / h_a$



# 4.8 Satteldachträger

BS11 (DIN 1052)/BS12 (DIN EN 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

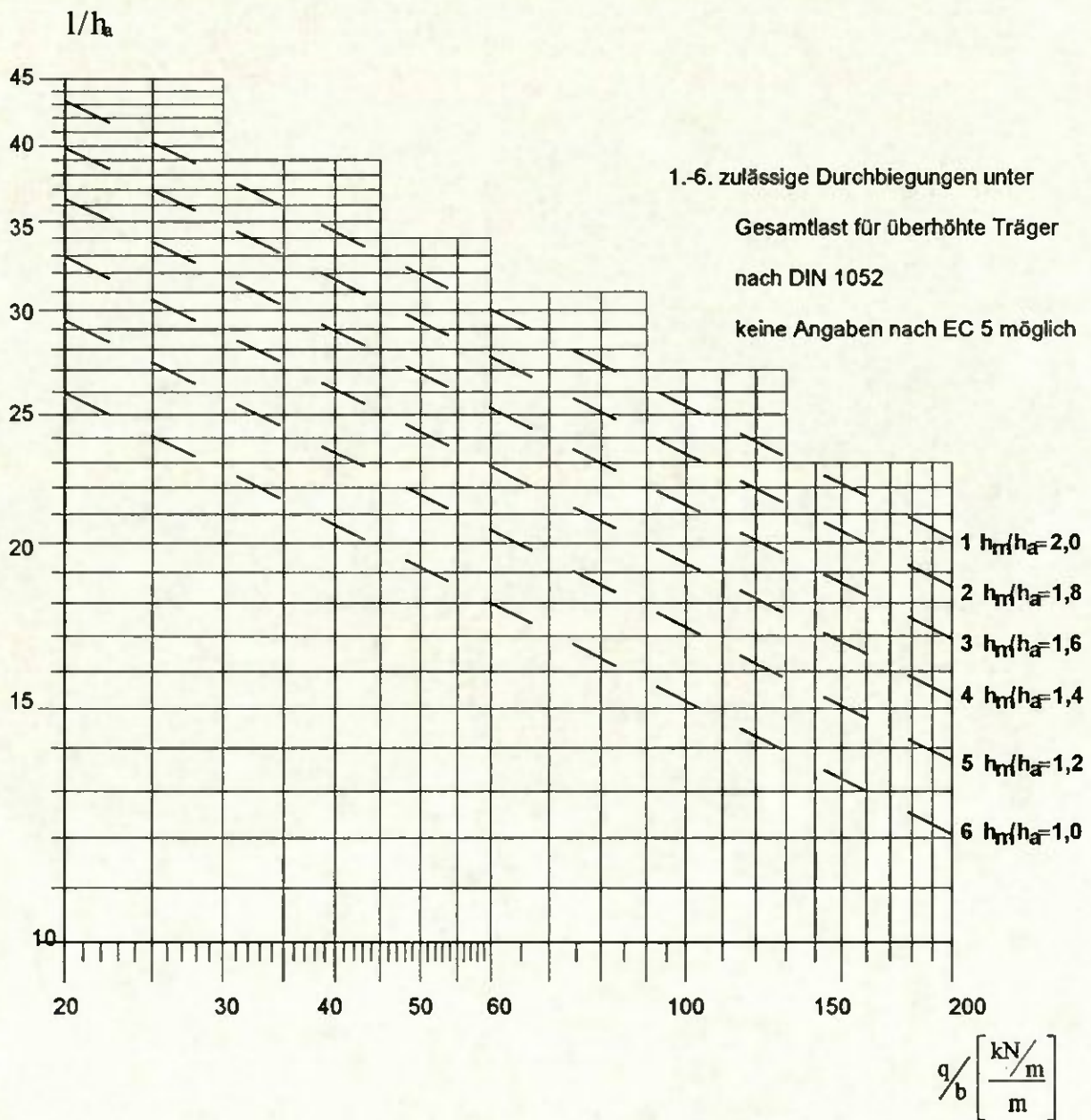
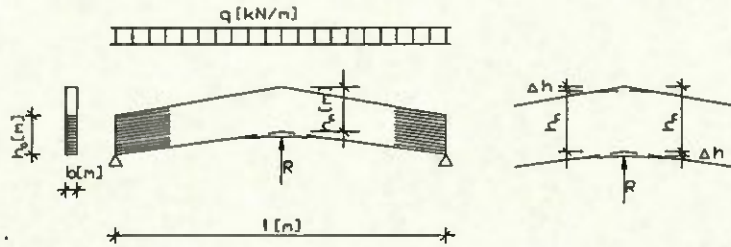
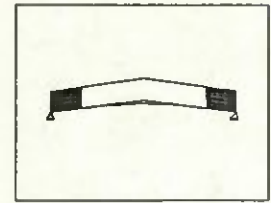


Bild 4.8.2: Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Gesamtlast für überhöhte Träger

# 4.8 Satteldachträger

BS11 (DIN 1052)/BS12 (DIN EN 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

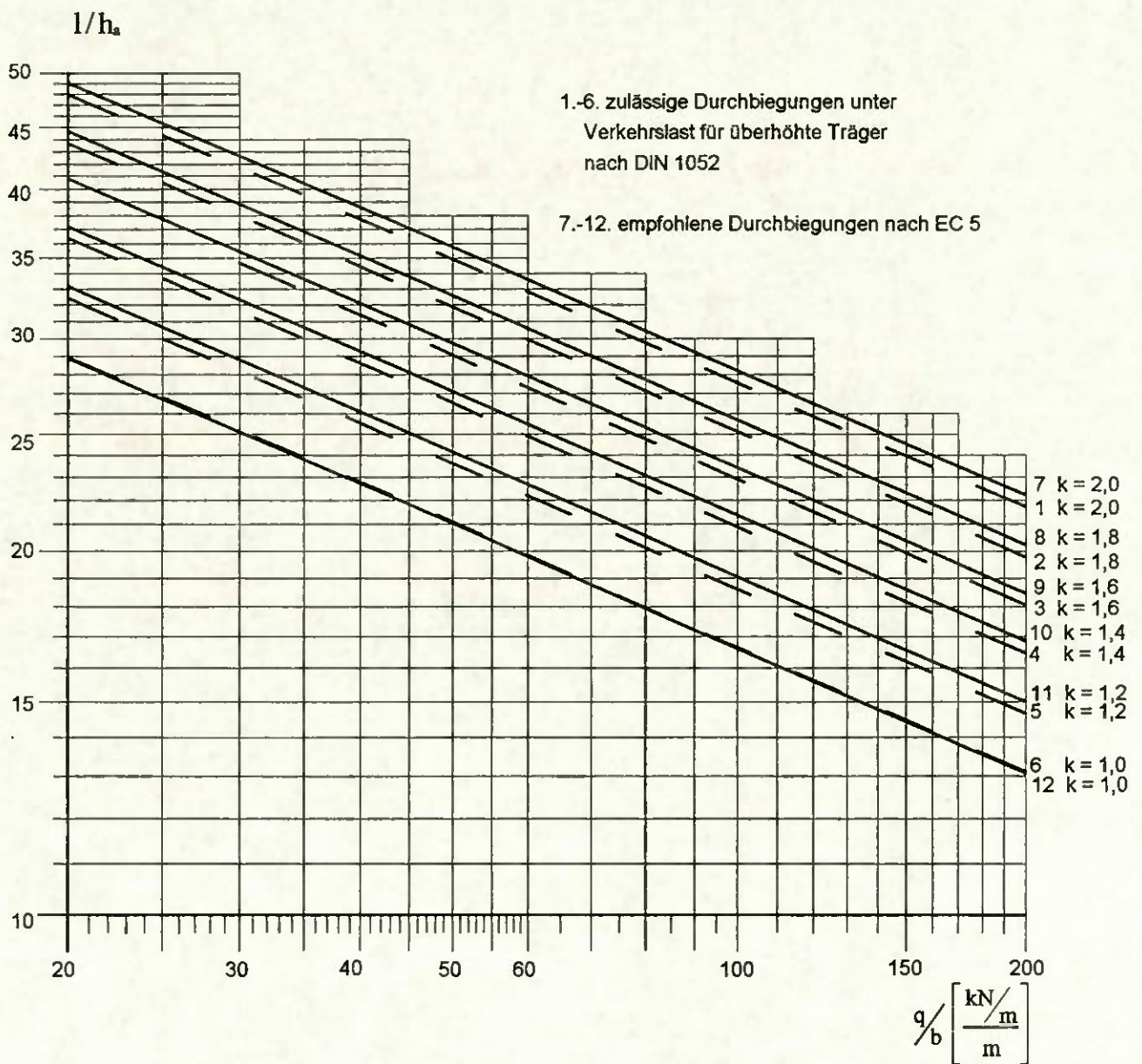
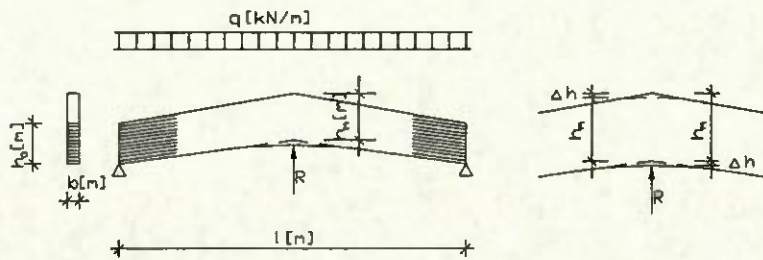
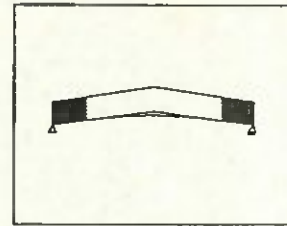
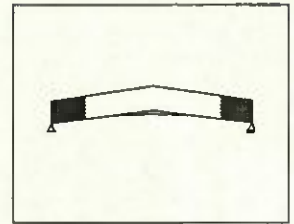


Bild 4.8.3: Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Verkehrslast  $k = h_m / h_a$

## 4.9 Satteldachträger

BS 14

Tragfähigkeitsnachweise



### Satteldachträger Rechteckquerschnitt, Dachneigung bis 15°

Voraussetzungen  
Statisches System: Träger auf zwei Stützen

DIN 1052

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Anwendungsbereich:** unter Dach  
**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS14  
Sortierklasse S13

**zulässige Spannungen:**  
zul  $\sigma_B = 14 \text{ MN/m}^2$   
zul  $\tau = 1,2 \text{ MN/m}^2$   
zul  $\sigma_{\perp} = 0,2 \text{ MN/m}^2$

#### Bezeichnungen:

$l$  = Stützweite des Trägers  
 $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager  
 $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First  
 $\Delta h$  = durch Abrundung sich ergebende zusätzliche Höhe im First  
 $k = h_a / h_m$   
 $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes  
 $R_m$  = Abrundungsradius in Trägerachse  
 $E$  = Elastizitätsmodul des Baustoffes ( $E = 12000 \text{ MN/m}^2$ )  
 $q = g + s$   
 $g$  = Eigengewicht  
 $s$  = Schnee

#### Rechenwert der Biegespannung:

$$\sigma_B = M_z \cdot \frac{6}{h_i^2 \cdot b} \leq 14 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{mit: } \xi = \frac{h_a}{2 \cdot h_m}, \quad h_i = h_a + 2 \cdot (h_m - h_a) \cdot \xi$$

$$M_z = \frac{\xi \cdot (1 - \xi)}{2} \cdot q \cdot l^2$$

DIN EN 1995-1-1

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Nutzungs-kategorie:** 1 oder 2  
**Lasteinwirkungsdauer:** kurz  
 $\Rightarrow k_{mod} = 0,9$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 14  
Sortierklasse S13

**Charakteristische Festigkeiten:**  
 $f_{m,k} = 28 \text{ MN/m}^2$   
 $f_{v,k} = 2,7 \text{ MN/m}^2$   
 $f_{t,90,k} = 0,45 \text{ MN/m}^2$

#### Bezeichnungen:

$l$  = Stützweite des Trägers  
 $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager  
 $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First  
 $\Delta h$  = durch Abrundung sich ergebende zusätzliche Höhe im First  
 $k = h_a / h_m$   
 $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes  
 $R_m$  = Abrundungsradius in Trägerachse  
 $E$  = Elastizitätsmodul des Baustoffes ( $E = 12500 \text{ MN/m}^2$ )  
 $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$   
 $G$  = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$   
 $Q$  = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$

#### Bemessungswert der Biegespannung:

$$\sigma_{m,d} = M_z \cdot \frac{6}{h_i^2 \cdot b} \leq 14 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{mit: } \xi = \frac{h_a}{2 \cdot h_m}, \quad h_i = h_a + 2 \cdot (h_m - h_a) \cdot \xi$$

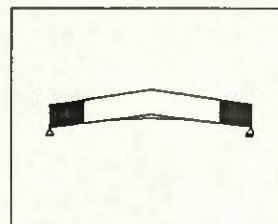
$$M_z = \frac{\xi \cdot (1 - \xi)}{2} \cdot q_d \cdot l^2$$



## 4.9 Satteldachträger

BS 14

Tragfähigkeitsnachweise



**Rechenwert der Schubspannung:**

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h_e \cdot b}$$

**Rechenwert der Querkzugspannung:**

$$\sigma_{z1} = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h_m^2 \cdot b} \cdot \frac{h_m}{4 \cdot R_m}$$

**Forderung:**

Biegung:  $\sigma_b \leq \text{zul } \sigma_b$

Schub:  $\tau \leq \text{zul } \tau$

Querkzug:  $\sigma_{z1} \leq \text{zul } \sigma_{z1}$  und  $R_m \geq 17,5 h_m$

**Bemessungswert der Schubspannung:**

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{q_d \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h \cdot b}$$

**Bemessungswert der Querkzugspannung:**

$$\sigma_{1,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{q,d}}{b \cdot h^2}$$

**Bemessungswert der Biegefestigkeit:**

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod}, \quad \gamma_M = 1,3$$

für Trägerhöhe > 600 mm

**Bemessungswert der Schubfestigkeit:**

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod}, \quad \gamma_M = 1,3$$

**Bemessungswert der Querkzugfestigkeit:**

$$f_{1,90,d} = f_{1,90,g,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M}, \quad \gamma_M = 1,3$$

**Forderung:**

Biegung:  $\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$

Schub:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

Querkzug:  $\sigma_{1,90,d} \leq k_{ds} \cdot \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} \cdot f_{1,90,d}$

$$R_m \geq 11,11 \cdot \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} \cdot h_m$$

**Anmerkung:**

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h_a$  am Auflager bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Schub- und Biegefestigkeit. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

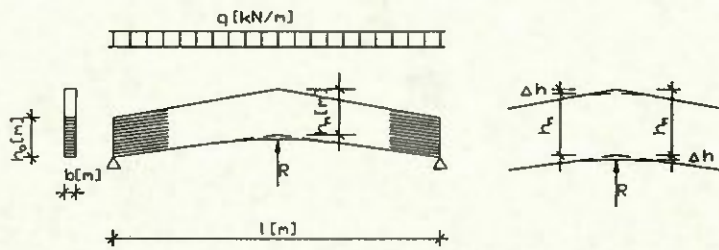
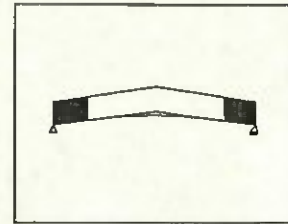
Die Kurvenwerte für die Bemessung nach dem EC 5 liegen im gesamten Bereich für die Schubbemessung oberhalb, für die Biegebemessung unterhalb der Linien nach DIN 1052.

# 4.9 Satteldachträger

BS 11 (DIN 1052)/BS12(DIN V ENV 1995-1-1)

Tragfähigkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1



$1/h_a$

1.-6. zulässige Biegespannungen nach DIN 1052

7.-12. Bemessungswerte der Biegespannungen nach EC 5

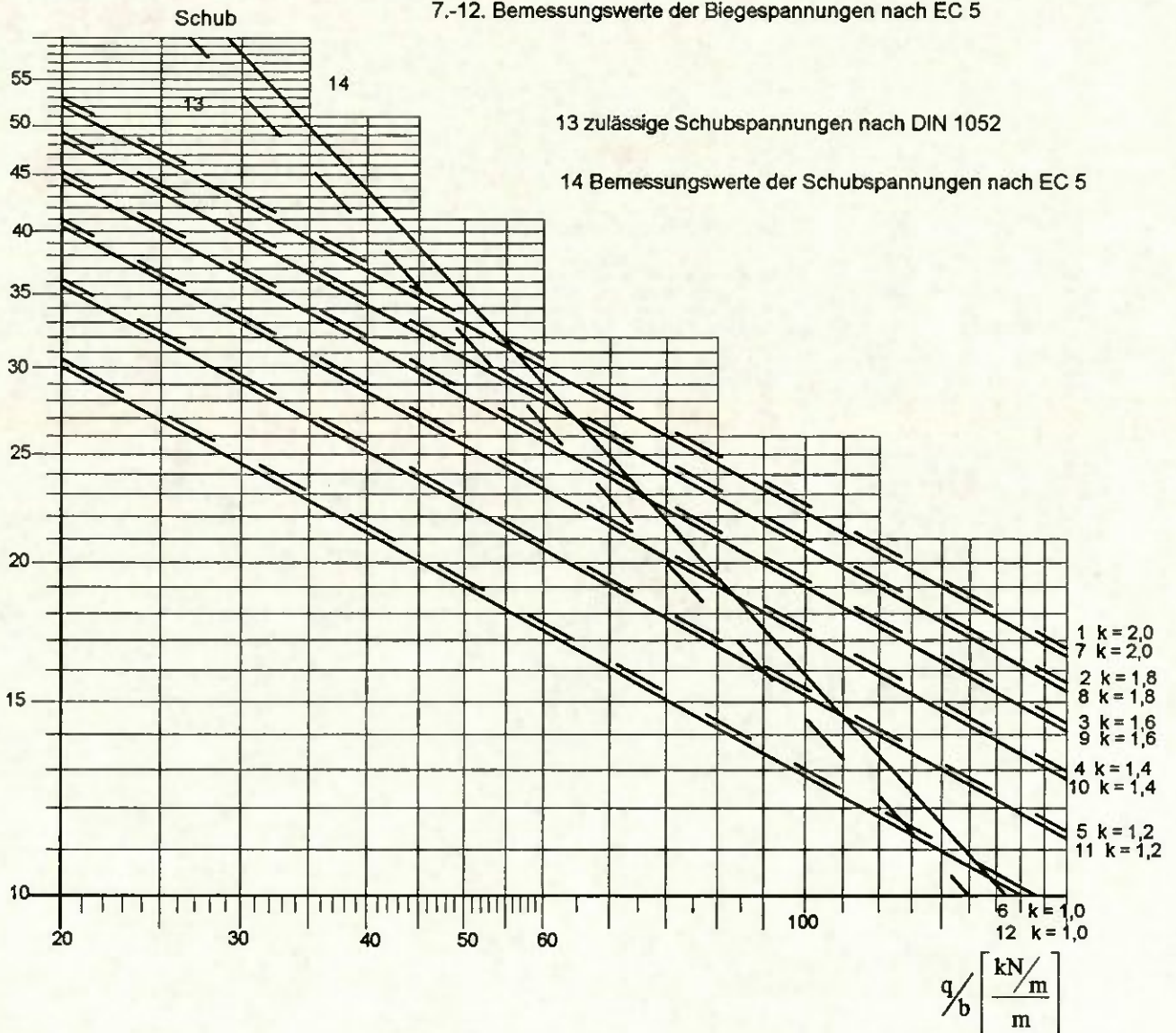
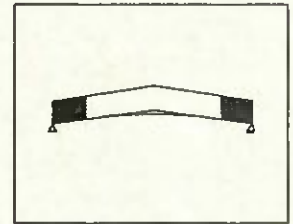


Bild 4.9: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise  $k = h_m / h_a$

## 4.10 Einfeldträger

BS14

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



**Satteldachträger**  
Rechteckquerschnitt, Dachneigung bis 15°

**Voraussetzungen**

**Statisches System:** Einfeldträger, Obergurt mit  $\alpha \leq 15^\circ$  vom First zur Traufe fallend, Untergurt angehoben, Firstlage symmetrisch

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Anwendungsbereich:** unter Dach,  $u \leq 18^\circ$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS14  
Sortierklasse S13

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Nutzungsstufe:** 1 oder 2

**Lasteinwirkungsdauer:** kurz

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 14  
Sortierklasse S13

**Bezeichnungen:**

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q$  =  $g+s$
- $g$  = Eigengewicht
- $s$  = Schnee
- $\varphi$  = Kriechbeiwert

**Elastizitätsmodul:**  $E = 12000 \text{ MN/m}^2$

**Rechenwert der Durchbiegung:**

$$\text{für: } \frac{g}{q} \geq 0,5 \Rightarrow \eta_k = \frac{3}{2} \frac{g}{q} \Rightarrow \varphi = \frac{1}{\eta_k} - 1$$

$$f_s = \frac{5 \cdot q \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h_x^3} \cdot (1 + \varphi)$$

$$f_s = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h_x^3}$$

$$\text{mit: } h_x = \frac{2}{3} \cdot h_m + \frac{1}{3} \cdot h_a$$

**Bezeichnungen:**

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$
- $G$  = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
- $Q$  = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$
- $u_0$  = Überhöhung
- $u_1$  = Durchbiegung infolge ständiger Einwirkungen
- $u_2$  = Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen

**Mittelwert des Elastizitätsmoduls:**

$$E_{0,mean,g} = 12500 \text{ MN/m}^2$$

**Beiwerte  $k_{def}$  der Durchbiegung:**

ständige Last, Nutzungsstufe 1:  $k_{def} = 0,60$

ständige Last, Nutzungsstufe 1:  $k_{def} = 0,80$

**Bemessungswerte der Durchbiegung:**

elastische Anfangsverformung Verkehrslasten:

$$u_{2,inst} = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0,mean,g} \cdot b \cdot h_x^3}$$

**Endverformung Gesamtlast:**

$$u_{net,fin} = \frac{5 \cdot (s + g \cdot (1 + k_{def})) \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0,mean,g} \cdot b \cdot h_x^3} - u_0$$

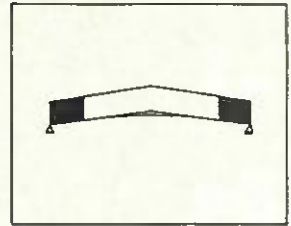
$$\text{mit: } h_x = \frac{2}{3} \cdot h_m + \frac{1}{3} \cdot h_a$$



## 4.10 Einfeldträger

BS14

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



**Forderung:**

$$f_q \leq \frac{l}{200} \text{ für überhöhte Träger}$$

$$f_q \leq \frac{l}{300} \text{ für nicht überhöhte Träger}$$

$$f_s \leq \frac{l}{300} \text{ für überhöhte Träger}$$

**Forderung:**

$$u_{2,inst} \leq \frac{l}{300}$$

$$u_{net,fin} \leq \frac{l}{200}$$

**Hinweise zu dem Diagramm:** Bei den in DINV ENV 1995-1-1 genannten Grenzen für die Durchbiegung handelt es sich um Empfehlungen. Für überhöhte Träger nach DINV ENV 1995-1-1 kann keine Forderung für  $l/h$  aufgestellt werden, da  $u_{net,fin}$  durch die Wahl von  $u_0$  beeinflusst wird. Als Abszissenwerte ist auch bei den Kurven nach DINV ENV 1995-1-1  $q$  (nicht  $q_d$  einzusetzen).

Aus den folgenden Diagrammen kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h_a$  am Auflager bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind gegebene oder angenommene Grenzen der Durchbiegung. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Bei Verwendung von Linien, denen die gleiche Belastung zugeordnet ist, ergibt die höher gelegene den wirtschaftlicheren Querschnitt. Der Durchbiegung unter Gesamtlast kann bei den empfohlenen Grenzen des EC 5 immer durch eine hinreichende Überhöhung begegnet werden, so daß diese dann nicht bemessungsmaßgebend wird.

Die Bemessungslinien nach dem EC 5 enthalten Anteile aus Langzeitverformungen (Kriechen), nicht jedoch diejenigen nach DIN 1052.

# 4.10 Einfeldträger

BS14

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

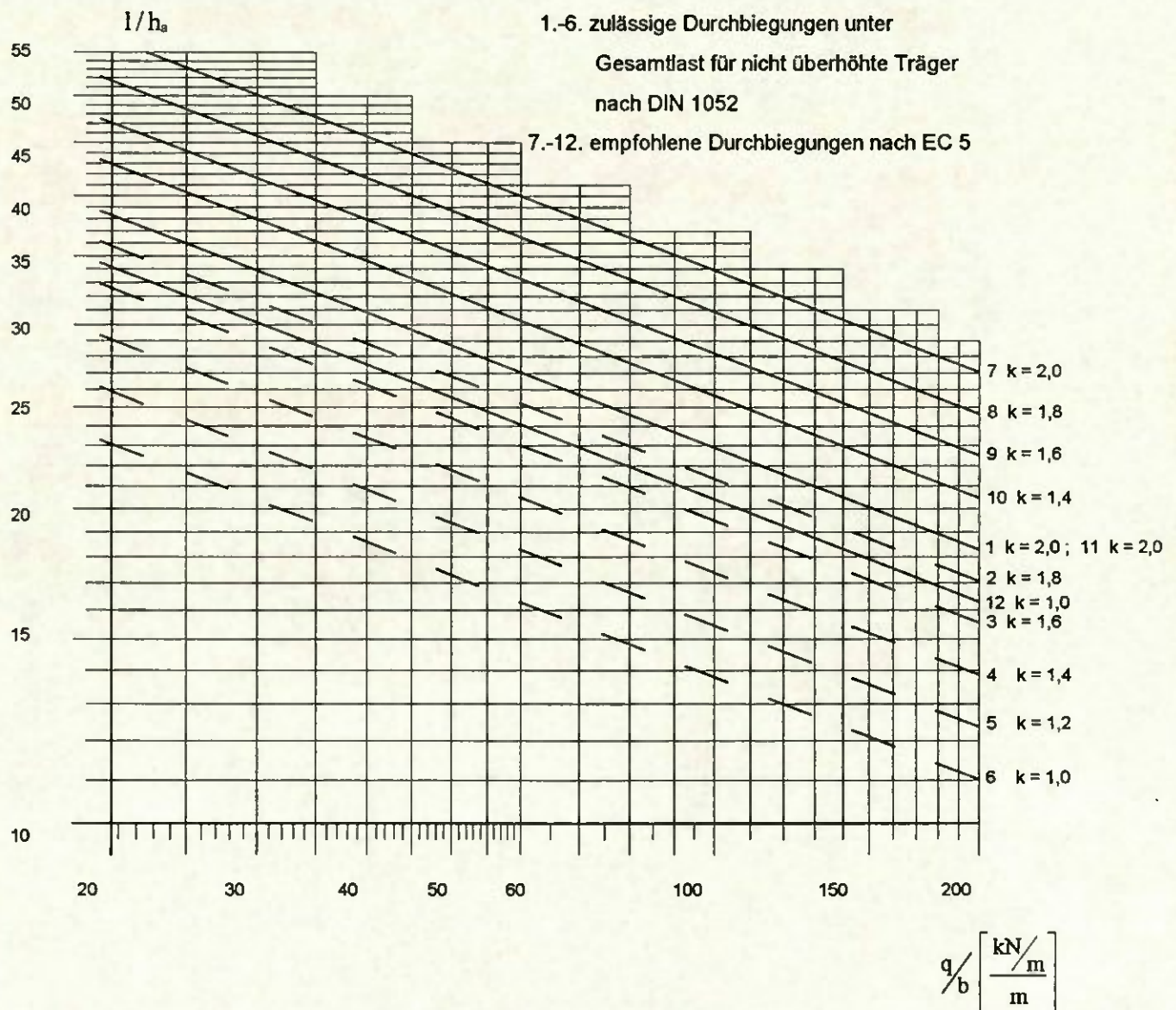
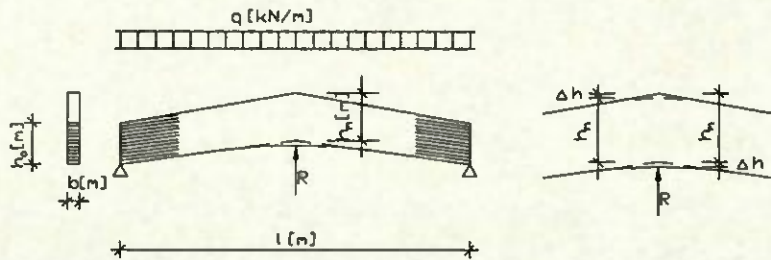
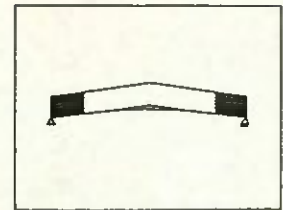


Bild 4.10.1: Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Gesamtlast für nicht überhöhte Träger  $k = h_m / h_a$

# 4.10 Einfeldträger

BS14

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

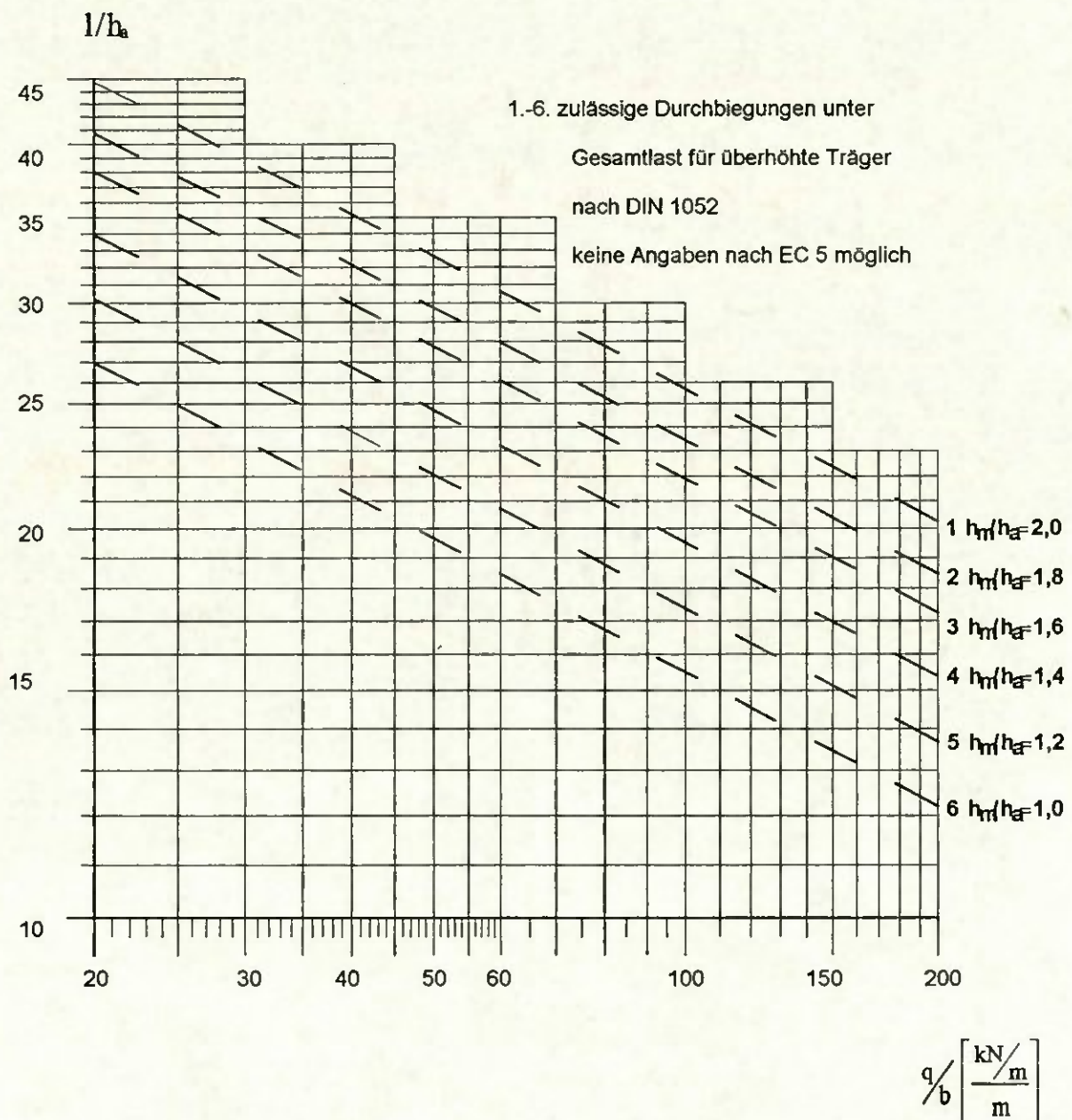
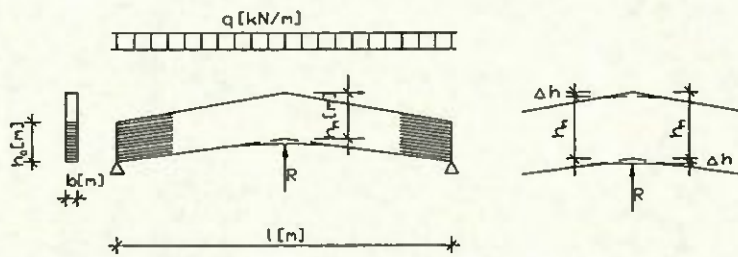
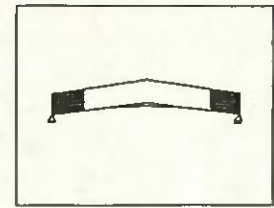


Bild 4.10.2: Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Gesamtlast für überhöhte Träger



# 4.10 Satteldachträger

BS14

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

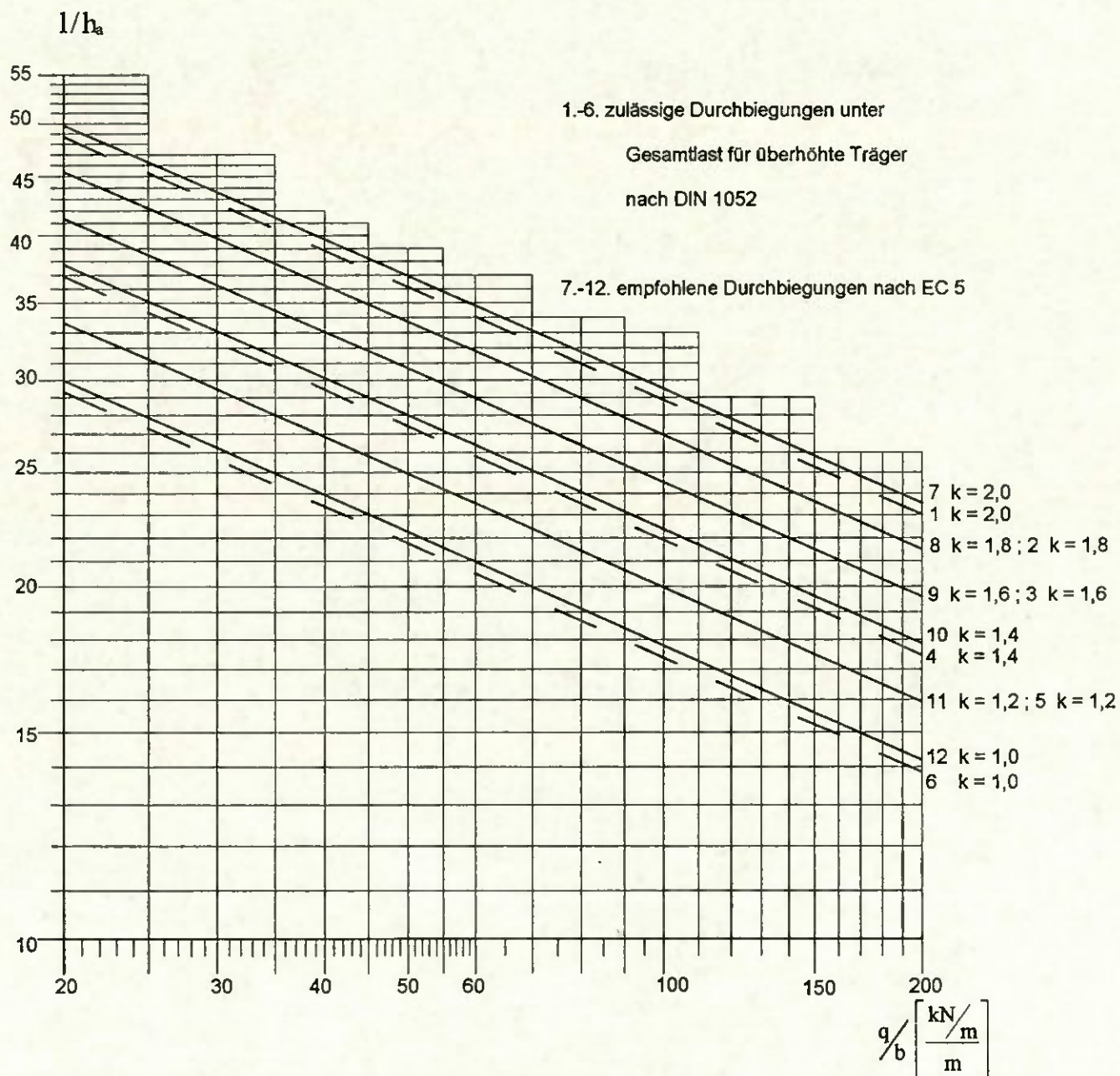
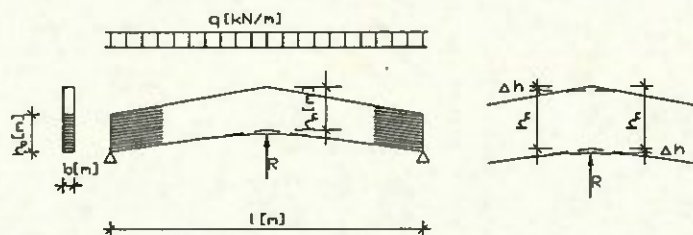
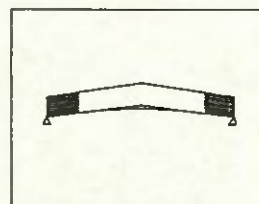
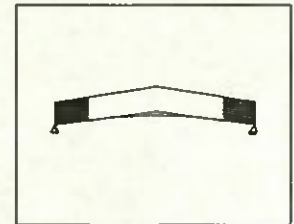


Bild 4.10.3: Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Verkehrslast  $k = h_m / h_a$

# 4.11 Satteldachträger

BS 16

Tragfähigkeitsnachweise



**Einfeldträger**  
 Rechteckquerschnitt, Dachneigung bis 15°  
**Voraussetzungen**  
 Statisches System: Träger auf zwei Stützen

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Anwendungsbereich:** unter Dach  
**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS16  
 Sortierklasse MS13

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Nutzungsgruppe:** 1 oder 2  
**Lasteinwirkungsdauer:** kurz  
 $\Rightarrow k_{mod} = 0,9$

**zulässige Spannungen:**

zul $\sigma_b$	=	16 MN/m <sup>2</sup>
zul $\tau$	=	1,3 MN/m <sup>2</sup>
zul $\sigma_{\perp}$	=	0,2 MN/m <sup>2</sup>

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 16  
 Sortierklasse MS13

**Charakteristische Festigkeiten:**

$f_{m,s,k}$	=	32 MN/m <sup>2</sup>
$f_{v,s,k}$	=	2,7 MN/m <sup>2</sup>
$f_{t,90,s,k}$	=	0,45 MN/m <sup>2</sup>

**Bezeichnungen:**

- l = Stützweite des Trägers
- $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $\Delta h$  = durch Ausrundung sich ergebende zusätzliche Höhe im First
- $k = h_a / h_m$
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- $R_m$  = Ausrundungsradius in Trägerachse
- E = Elastizitätsmodul des Baustoffes (E = 13000 MN/m<sup>2</sup>)
- q = g+s
- g = Eigengewicht
- s = Schnee

**Bezeichnungen:**

- l = Stützweite des Trägers
- $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $\Delta h$  = durch Ausrundung sich ergebende zusätzliche Höhe im First
- $k = h_a / h_m$
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- $R_m$  = Ausrundungsradius in Trägerachse
- E = Elastizitätsmodul des Baustoffes (E = 13500 MN/m<sup>2</sup>)
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$
- G = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
- Q = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$

**Rechenwert der Biegespannung:**

$$\sigma_b = M_{\xi} \cdot \frac{6}{h_{\xi}^2 \cdot b} \leq 14 \text{ MN/m}^2$$

mit:  $\xi = \frac{h_a}{2 \cdot h_m}$ ,  $h_{\xi} = h_a + 2 \cdot (h_m - h_a) \cdot \xi$

$$M_{\xi} = \frac{\xi \cdot (1 - \xi)}{2} \cdot q \cdot l^2$$

**Bemessungswert der Biegespannung:**

$$\sigma_{m,d} = M_{\xi} \cdot \frac{6}{h_{\xi}^2 \cdot b} \leq 14 \text{ MN/m}^2$$

mit:  $\xi = \frac{h_a}{2 \cdot h_m}$ ,  $h_{\xi} = h_a + 2 \cdot (h_m - h_a) \cdot \xi$

$$M_{\xi} = \frac{\xi \cdot (1 - \xi)}{2} \cdot q_d \cdot l^2$$

**Rechenwert der Schubspannung:**

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h_a \cdot b}$$

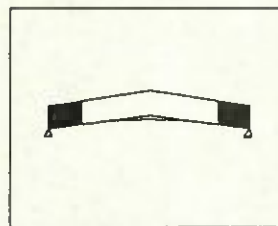
**Bemessungswert der Schubspannung:**

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{q_d \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h \cdot b}$$

## 4.11 Satteldachträger

BS 16

Tragfähigkeitsnachweise



Rechenwert der Querkzugspannung:

$$\sigma_{z1} = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h_m^2 \cdot b} \cdot \frac{h_m}{4 \cdot R_m}$$

Forderung:

Biegung:  $\sigma_b \leq \text{zul } \sigma_b$

Schub:  $\tau \leq \text{zul } \tau$

Querkzug:  $\sigma_{z1} \leq \text{zul } \sigma_{z1}$  und  $R_m \geq 17,5 h_m$

Bemessungswert der Querkzugspannung:

$$\sigma_{1,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{sp,d}}{b \cdot h_p^2}$$

Bemessungswert der Biegefestigkeit:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod}, \quad \gamma_M = 1,3$$

für Trägerhöhe > 600 mm

Bemessungswert der Schubfestigkeit:

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod}, \quad \gamma_M = 1,3$$

Bemessungswert der Querkzugfestigkeit:

$$f_{t,90,d} = f_{t,90,g,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M}, \quad \gamma_M = 1,3$$

Forderung:

Biegung:  $\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$

Schub:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

Querkzug:  $\sigma_{1,90,d} \leq k_{dis} \cdot \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} \cdot f_{t,90,d}$

$$R_m \geq 12,70 \cdot \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} \cdot h_m$$

Anmerkung:

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h_a$  am Auflager bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Schub- und Biegefestigkeit. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.



# 4.11 Satteldachträger

BS 11 (DIN 1052)/BS12(DIN V ENV 1995-1-1)

Tragfähigkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

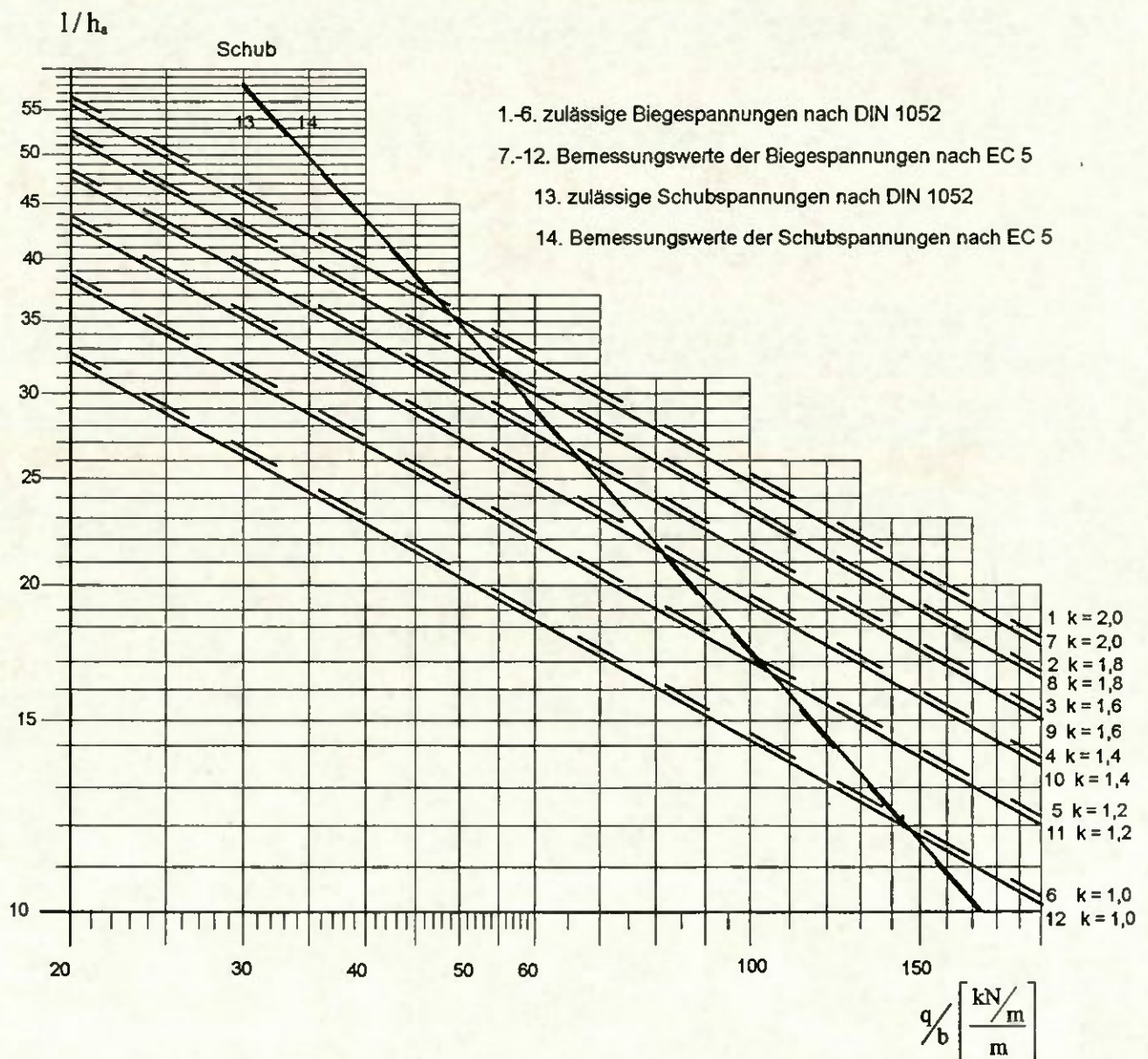
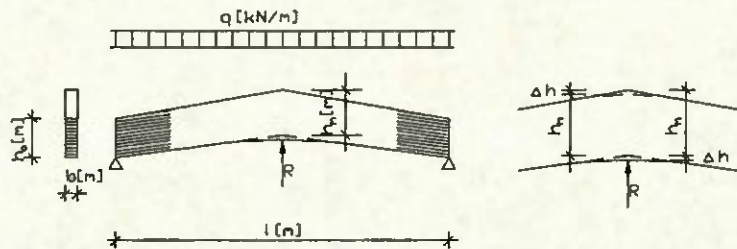
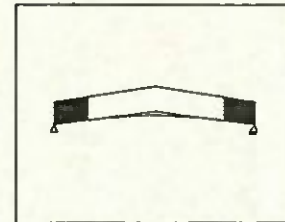
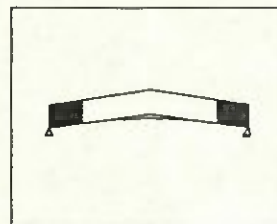


Bild 4.11: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise  $k = h_m / h_a$

# 4.12 Satteldachträger

BS16

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



## Satteldachträger Rechteckquerschnitt, Dachneigung bis 15°

### Voraussetzungen

Statisches System: Einfeldträger, Obergurt mit  $\alpha \leq 15^\circ$  vom First zur Traufe fallend, Untergurt angehoben, Firstlage symmetrisch

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Anwendungsbereich:** unter Dach,  $u \leq 18^\circ$   
**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS16  
Sortierklasse S13

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Nutzungsgruppe:** 1 oder 2  
**Lasteinwirkungsdauer:** kurz  
**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 16  
Sortierklasse MS13

### Bezeichnungen:

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h_x$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q$  =  $g+s$
- $g$  = Eigengewicht
- $s$  = Schnee
- $\varphi$  = Kriechbeiwert

Elastizitätsmodul:  $E = 13000 \text{ MN/m}^2$

### Rechenwert der Durchbiegung:

für:  $\frac{g}{q} \geq 0,5 \Rightarrow \eta_k = \frac{3}{2} \frac{g}{q} \Rightarrow \varphi = \frac{1}{\eta_k} - 1$

$$f_s = \frac{5 \cdot q \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h_x^3} \cdot (1 + \varphi)$$

$$f_s = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h_x^3}$$

mit:  $h_x = \frac{2}{3} \cdot h_m + \frac{1}{3} \cdot h_1$

### Bezeichnungen:

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h_x$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$
- $G$  = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
- $Q$  = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$
- $u_o$  = Überhöhung
- $u_1$  = Durchbiegung infolge ständiger Einwirkungen
- $u_2$  = Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen

### Mittelwert des Elastizitätsmoduls:

$$E_{0,mean,g} = 13500 \text{ MN/m}^2$$

### Beiwerte $k_{def}$ der Durchbiegung:

ständige Last, Nutzungsgruppe 1:  $k_{def} = 0,60$

ständige Last, Nutzungsgruppe 2:  $k_{def} = 0,80$

### Bemessungswerte der Durchbiegung:

elastische Anfangsverformung Verkehrslasten:

$$u_{2,inst} = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0,mean,g} \cdot b \cdot h_x^3}$$

Endverformung Gesamtlast:

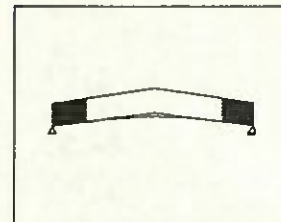
$$u_{net,fin} = \frac{5 \cdot (s + g \cdot (1 + k_{def})) \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0,mean,g} \cdot b \cdot h_x^3} - u_o$$

mit:  $h_x = \frac{2}{3} \cdot h_m + \frac{1}{3} \cdot h_1$

## 4.12 Satteldachträger

BS16

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



**Forderung:**

$$f_v \leq \frac{1}{200} \text{ für überhöhte Träger}$$

$$f_v \leq \frac{1}{300} \text{ für nicht überhöhte Träger}$$

$$f_v \leq \frac{1}{300} \text{ für überhöhte Träger}$$

**Forderung:**

$$u_{2, \text{int}} \leq \frac{1}{300}$$

$$u_{\text{net}, \text{fin}} \leq \frac{1}{200}$$

**Hinweise zu dem Diagramm:** Bei den in DINV ENV 1995-1-1 genannten Grenzen für die Durchbiegung handelt es sich um Empfehlungen. Für überhöhte Träger nach DINV ENV 1995-1-1 kann keine Forderung für  $l/h$  aufgestellt werden, da  $u_{\text{net}, \text{fin}}$  durch die Wahl von  $u_0$  beeinflusst wird. Als Abszissenwerte ist auch bei den Kurven nach DINV ENV 1995-1-1  $q$  (nicht  $q_d$  einzusetzen).

Aus den folgenden Diagrammen kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h_a$  am Auflager bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind gegebene oder angenommene Grenzen der Durchbiegung. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Bei Verwendung von Linien, denen die gleiche Belastung zugeordnet ist, ergibt die höher gelegene den wirtschaftlicheren Querschnitt. Der Durchbiegung unter Gesamtlast kann bei den empfohlenen Grenzen des EC 5 immer durch eine hinreichende Überhöhung begegnet werden, so daß diese dann nicht bemessungsmaßgebend wird.

Die Bemessungslinien nach dem EC 5 enthalten Anteile aus Langzeitverformungen (Kriechen), nicht jedoch diejenigen nach DIN 1052.



# 4.12 Satteldachträger

BS16

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse 1

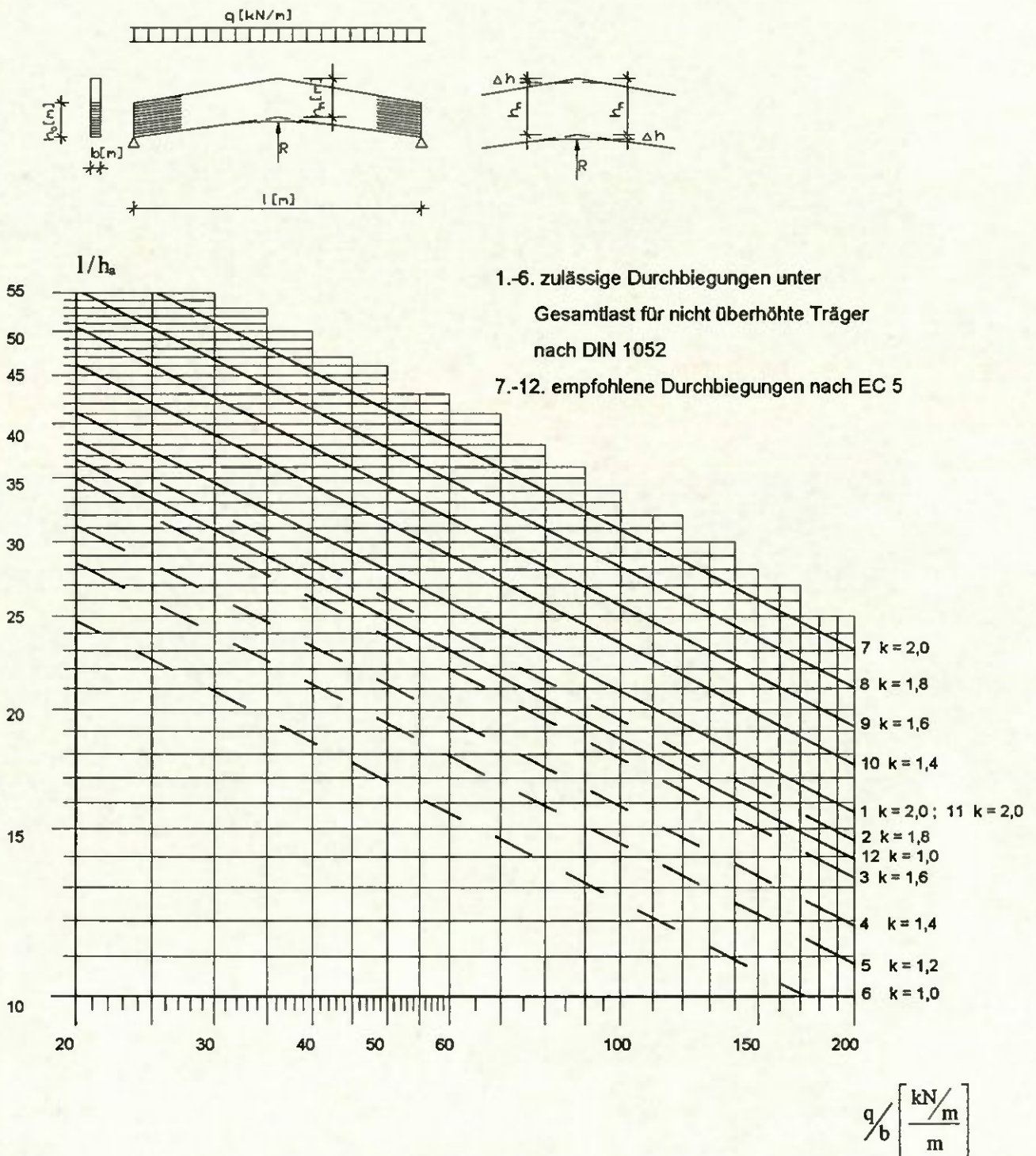
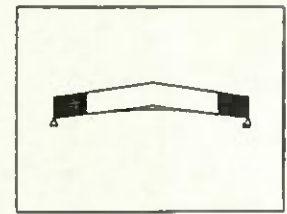


Bild 4.12.1: Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Gesamtlast für nicht überhöhte Träger  $k = h_m / h_a$

# 4.12 Satteldachträger

BS16

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

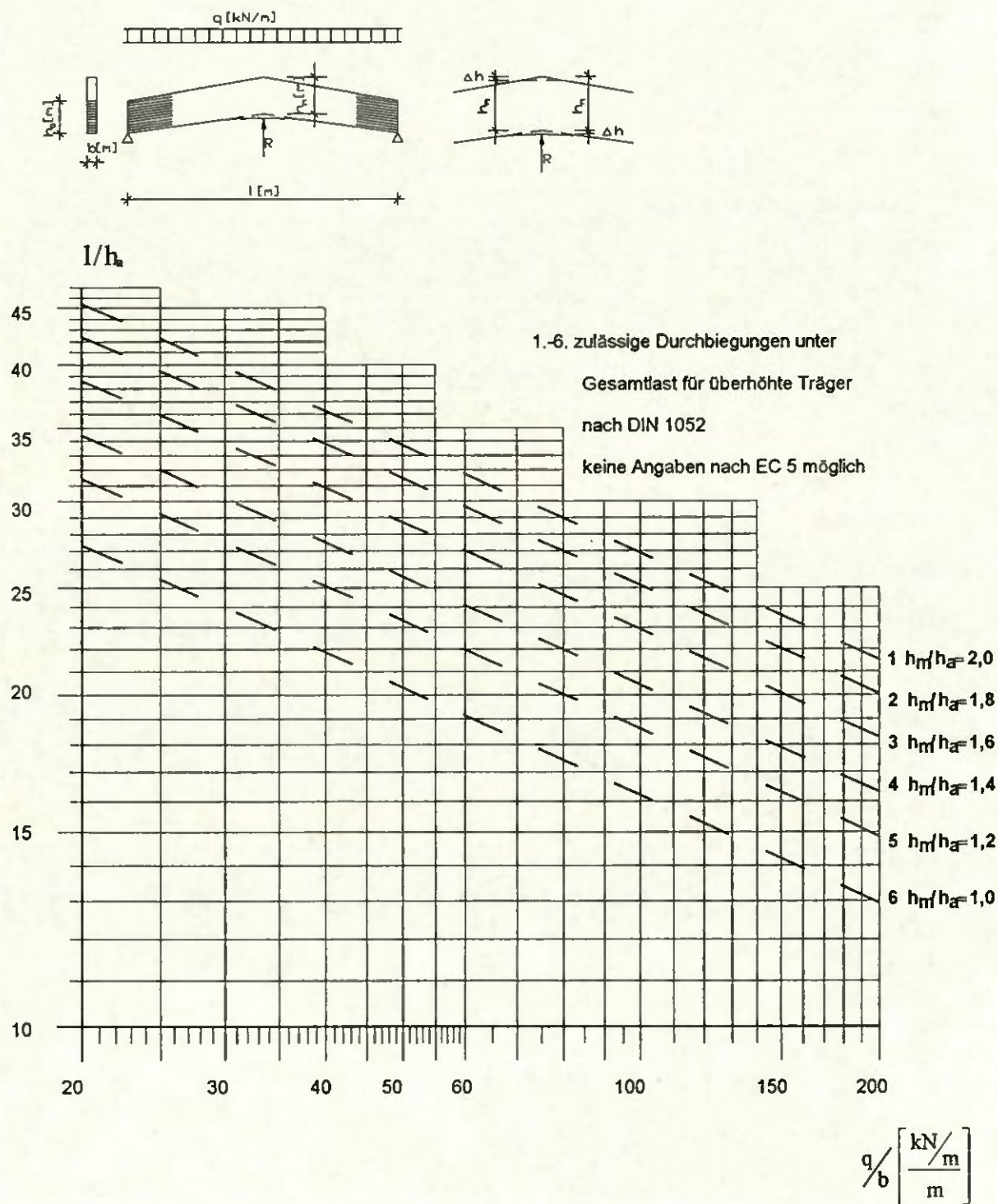
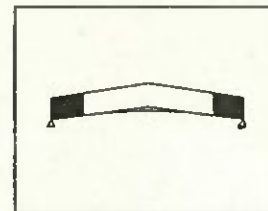


Bild 4.12.2: Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Gesamtlast für überhöhte Träger

# 4.12 Satteldachträger

BS16

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

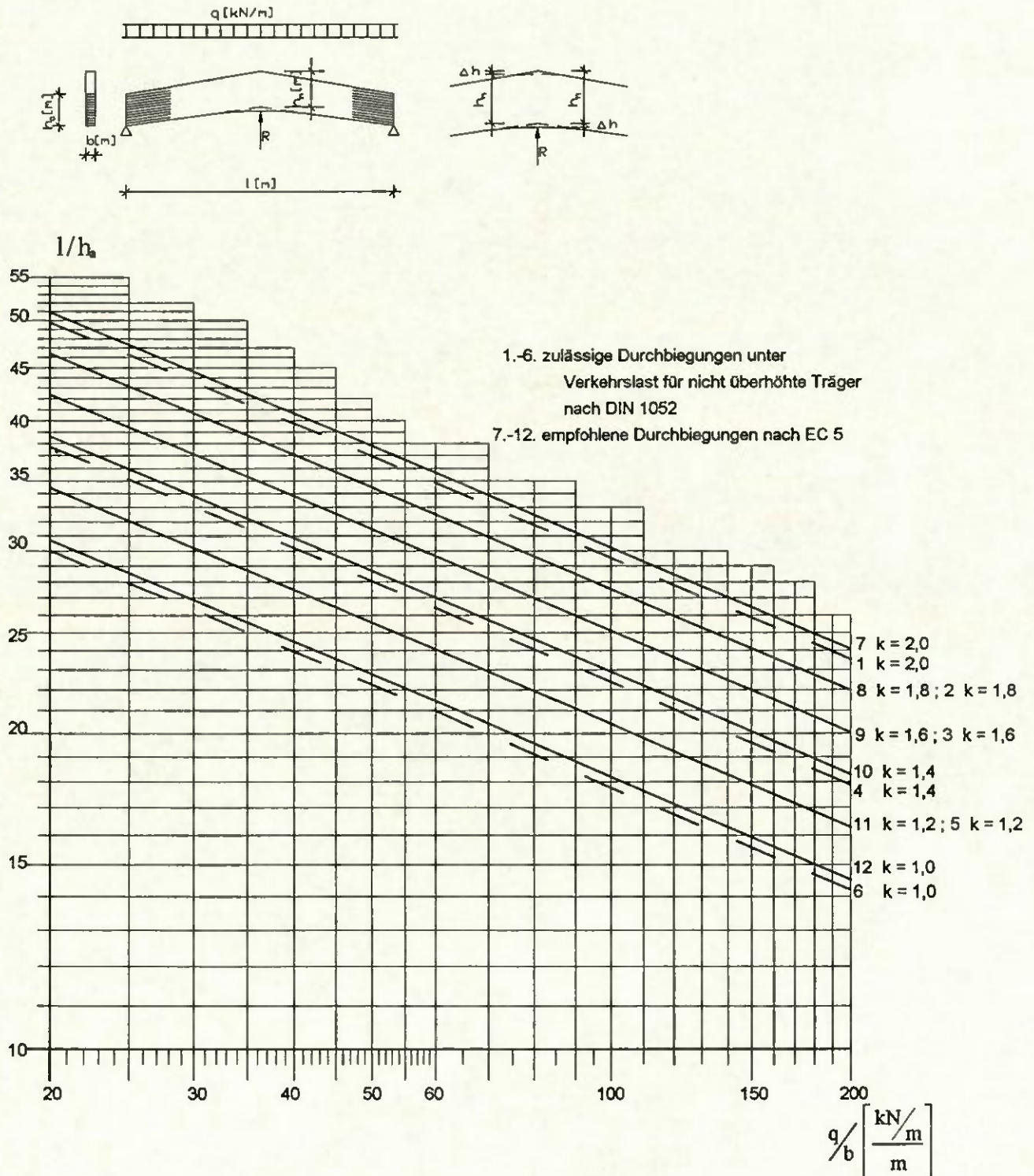
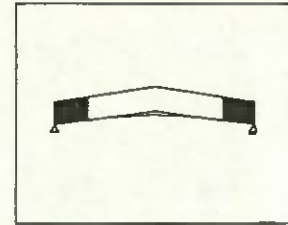


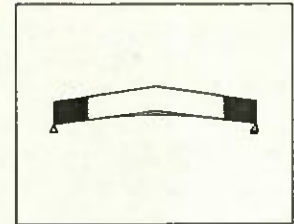
Bild 4.12.3: Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Verkehrslast  $k = h_m / h_a$



# 4.13 Satteldachträger

BS 18

Tragfähigkeitsnachweise



**Satteldachträger**  
Rechteckquerschnitt, Dachneigung bis 15°

**Voraussetzungen**  
Statisches System: Träger auf zwei Stützen

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Anwendungsbereich:** unter Dach  
**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS18  
Sortierklasse MS17

**zulässige Spannungen:**

zul $\sigma_b$	=	18 MN/m <sup>2</sup>
zul $\tau$	=	1,5 MN/m <sup>2</sup>
zul $\sigma_{t1}$	=	0,2 MN/m <sup>2</sup>

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Nutzungs-kategorie:** 1 oder 2  
**Lasteinwirkungsdauer:** kurz  
 $\Rightarrow k_{mod} = 0,9$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 18  
Sortierklasse MS17

**Charakteristische Festigkeiten:**

$f_{m,g,k}$	=	36 MN/m <sup>2</sup>
$f_{v,g,k}$	=	3,2 MN/m <sup>2</sup>
$f_{t,90,g,k}$	=	0,45 MN/m <sup>2</sup>

**Bezeichnungen:**

$l$  = Stützweite des Trägers  
 $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager  
 $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First  
 $\Delta h$  = durch Ausrundung sich ergebende zusätzliche Höhe im First  
 $k = h_a / h_m$   
 $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes  
 $R_m$  = Ausrundungsradius in Trägerachse  
 $E$  = Elastizitätsmodul des Baustoffes ( $E = 14000 \text{ MN/m}^2$ )  
 $q = g + s$   
 $g$  = Eigengewicht  
 $s$  = Schnee

**Bezeichnungen:**

$l$  = Stützweite des Trägers  
 $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager  
 $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First  
 $\Delta h$  = durch Ausrundung sich ergebende zusätzliche Höhe im First  
 $k = h_a / h_m$   
 $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes  
 $R_m$  = Ausrundungsradius in Trägerachse  
 $E$  = Elastizitätsmodul des Baustoffes ( $E = 14500 \text{ MN/m}^2$ )  
 $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$   
 $G$  = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$   
 $Q$  = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$

**Rechenwert der Biegespannung:**

$$\sigma_b = M_t \cdot \frac{6}{h_t^2 \cdot b} \leq 14 \text{ MN/m}^2$$

mit:  $\xi = \frac{h_a}{2 \cdot h_m}$ ,  $h_t = h_a + 2 \cdot (h_m - h_a) \cdot \xi$

$$M_t = \frac{\xi \cdot (1 - \xi)}{2} \cdot q \cdot l^2$$

**Rechenwert der Schubspannung:**

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h_t \cdot b}$$

**Bemessungswert der Biegespannung:**

$$\sigma_{m,d} = M_t \cdot \frac{6}{h_t^2 \cdot b} \leq 14 \text{ MN/m}^2$$

mit:  $\xi = \frac{h_a}{2 \cdot h_m}$ ,  $h_t = h_a + 2 \cdot (h_m - h_a) \cdot \xi$

$$M_t = \frac{\xi \cdot (1 - \xi)}{2} \cdot q_d \cdot l^2$$

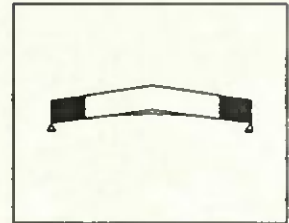
**Bemessungswert der Schubspannung:**

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{q_d \cdot l}{2} \cdot \frac{1}{h \cdot b}$$

## 4.13 Satteldachträger

BS 18

Tragfähigkeitsnachweise



Rechenwert der Querkzugspannung:

$$\sigma_{zL} = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h_m^2 \cdot b} \cdot \frac{h_m}{4 \cdot R_m}$$

Bemessungswert der Querkzugspannung:

$$\sigma_{1,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{sp,d}}{b \cdot h_w^2}$$

Bemessungswert der Biegefestigkeit:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,d,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod}, \quad \gamma_M = 1,3$$

für Trägerhöhe > 600 mm

Bemessungswert der Schubfestigkeit:

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,d,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod}, \quad \gamma_M = 1,3$$

Bemessungswert der Querkzugfestigkeit:

$$f_{1,90,d} = f_{1,90,d,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M}, \quad \gamma_M = 1,3$$

Forderung:

Biegung:  $\sigma_b \leq \text{zul } \sigma_b$

Schub:  $\tau \leq \text{zul } \tau$

Querkzug:  $\sigma_{zL} \leq \text{zul } \sigma_{zL}$  und  $R_m \geq 17,5 h_m$

Forderung:

Biegung:  $\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$

Schub:  $\tau_d \leq f_{v,d}$

Querkzug:  $\sigma_{1,90,d} \leq k_{em} \cdot \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} \cdot f_{1,90,d}$

$$R_m \geq 14,29 \cdot \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} \cdot h_m$$

Anmerkung:

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h_a$  am Auflager bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Schub- und Biegefestigkeit. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

# 4.13 Satteldachträger

BS 11 (DIN 1052)/BS12(DIN EN 1995-1-1)

Tragfähigkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

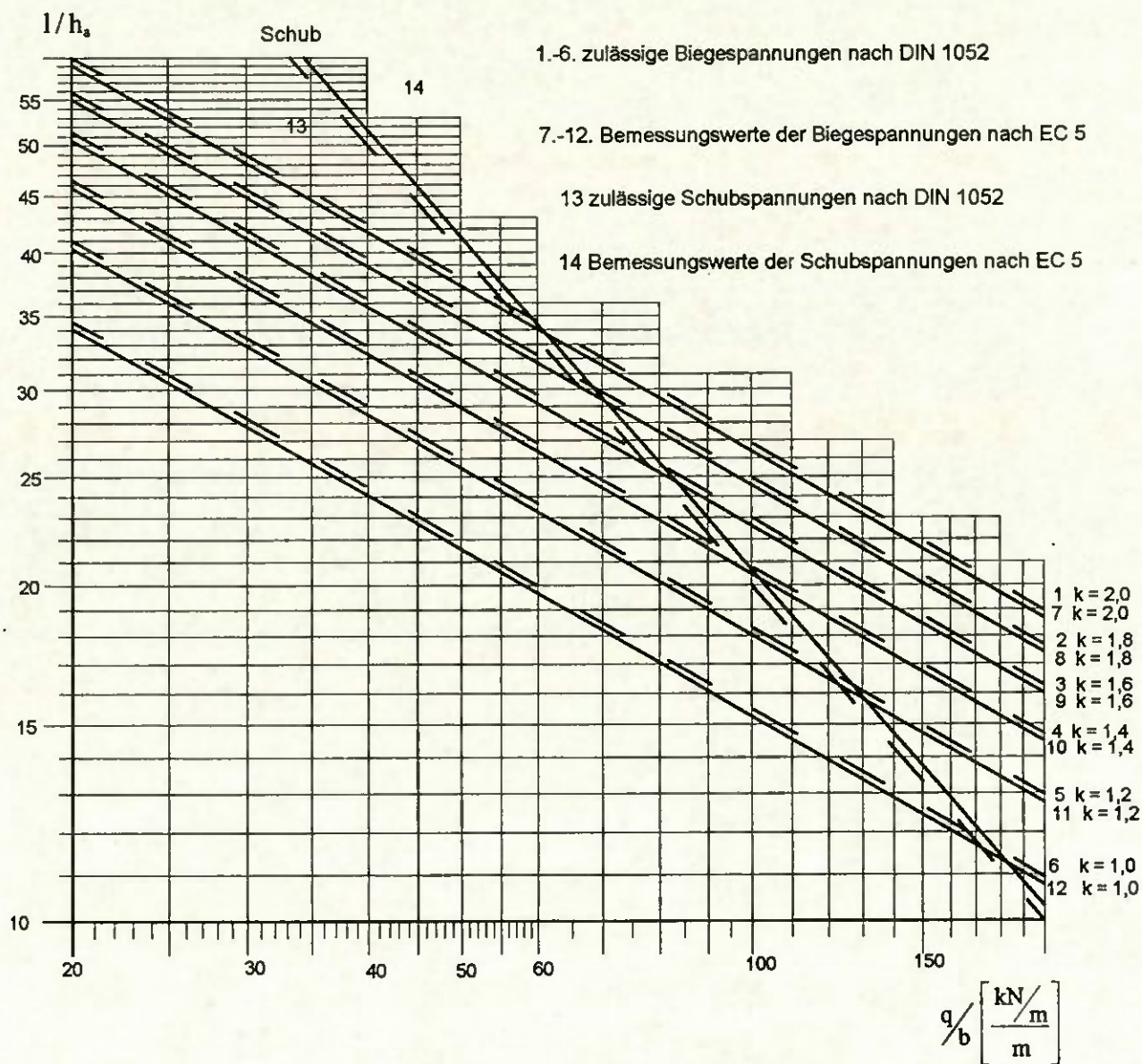
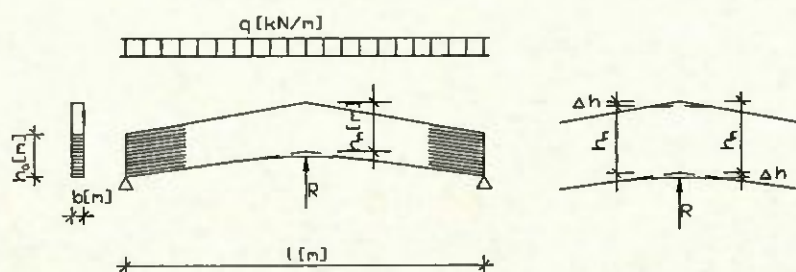
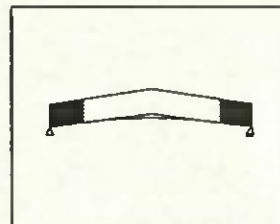


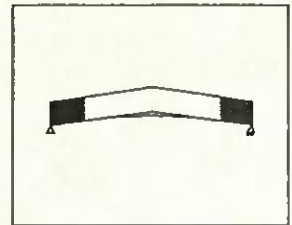
Bild 4.13: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise  $k = h_m / h_a$



## 4.14 Satteldachträger

BS18

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



### Satteldachträger

Rechteckquerschnitt, Dachneigung bis 15°

#### Voraussetzungen

Statisches System: Einfeldträger, Obergurt mit  $\alpha \leq 15^\circ$  vom First zur Traufe fallend, Untergurt angehoben, Firstlage symmetrisch

DIN 1052

DINV ENV 1995-1-1

Belastung: Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
Anwendungsbereich: unter Dach,  $u \leq 18^\circ$

Einwirkungen: Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

Nutzungsklasse: 1 oder 2

Lasteinwirkungsdauer: kurz

Baustoff: Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 18  
Sortierklasse MS 17

Baustoff: Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS18  
Sortierklasse MS17

#### Bezeichnungen:

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q$  =  $g+s$
- $g$  = Eigengewicht
- $s$  = Schnee
- $\varphi$  = Kriechbeiwert

#### Bezeichnungen:

- $l$  = Stützweite des Trägers
- $h_a$  = Höhe des Rechteckquerschnittes am Auflager
- $h_m$  = Höhe des Rechteckquerschnittes im First
- $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$
- $G$  = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
- $Q$  = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$
- $u_o$  = Überhöhung
- $u_1$  = Durchbiegung infolge ständiger Einwirkungen
- $u_2$  = Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen

Elastizitätsmodul:  $E = 14000 \text{ MN/m}^2$

Mittelwert des Elastizitätsmoduls:

$$E_{0, \text{mean}, G} = 14500 \text{ MN/m}^2$$

Beiwerte  $k_{def}$  der Durchbiegung:

ständige Last, Nutzungsklasse 1:  $k_{def} = 0,60$

ständige Last, Nutzungsklasse 1:  $k_{def} = 0,80$

#### Rechenwert der Durchbiegung:

$$\text{für: } \frac{g}{q} \geq 0,5 \Rightarrow \eta_k = \frac{3}{2} - \frac{g}{q} \Rightarrow \varphi = \frac{1}{\eta_k} - 1$$

$$f_s = \frac{5 \cdot q \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h_x^3} \cdot (1 + \varphi)$$

$$f_s = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E \cdot b \cdot h_x^3}$$

$$\text{mit: } h_x = \frac{2}{3} \cdot h_m + \frac{1}{3} \cdot h_a$$

#### Bemessungswerte der Durchbiegung:

elastische Anfangsverformung Verkehrslasten:

$$u_{2, \text{elast}} = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0, \text{mean}, G} \cdot b \cdot h_x^3}$$

Endverformung Gesamtlast:

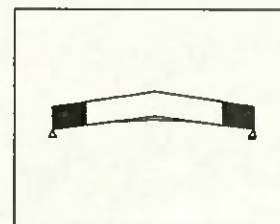
$$u_{\text{net}, \text{fin}} = \frac{5 \cdot (s + g \cdot (1 + k_{def})) \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0, \text{mean}, G} \cdot b \cdot h_x^3} - u_o$$

$$\text{mit: } h_x = \frac{2}{3} \cdot h_m + \frac{1}{3} \cdot h_a$$

## 4.14 Satteldachträger

BS18

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



**Forderung:**

$$f_q \leq \frac{l}{200} \text{ für überhöhte Träger}$$

$$f_q \leq \frac{l}{300} \text{ für nicht überhöhte Träger}$$

$$f_s \leq \frac{l}{300} \text{ für überhöhte Träger}$$

**Forderung:**

$$u_{2,inst} \leq \frac{l}{300}$$

$$u_{net,fin} \leq \frac{l}{200}$$

**Hinweise zu dem Diagramm:** Bei den in DINV ENV 1995-1-1 genannten Grenzen für die Durchbiegung handelt es sich um Empfehlungen. Für überhöhte Träger nach DINV ENV 1995-1-1 kann keine Forderung für  $l/h$  aufgestellt werden, da  $u_{net,fin}$  durch die Wahl von  $u_0$  beeinflusst wird. Als Abszissenwerte ist auch bei den Kurven nach DINV ENV 1995-1-1  $q$  (nicht  $q_d$  einzusetzen).

Aus den folgenden Diagrammen kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h_a$  am Auflager bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind gegebene oder angenommene Grenzen der Durchbiegung. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Bei Verwendung von Linien, denen die gleiche Belastung zugeordnet ist, ergibt die höher gelegene den wirtschaftlicheren Querschnitt. Der Durchbiegung unter Gesamtlast kann bei den empfohlenen Grenzen des EC 5 immer durch eine hinreichende Überhöhung begegnet werden, so daß diese dann nicht bemessungsmaßgebend wird.

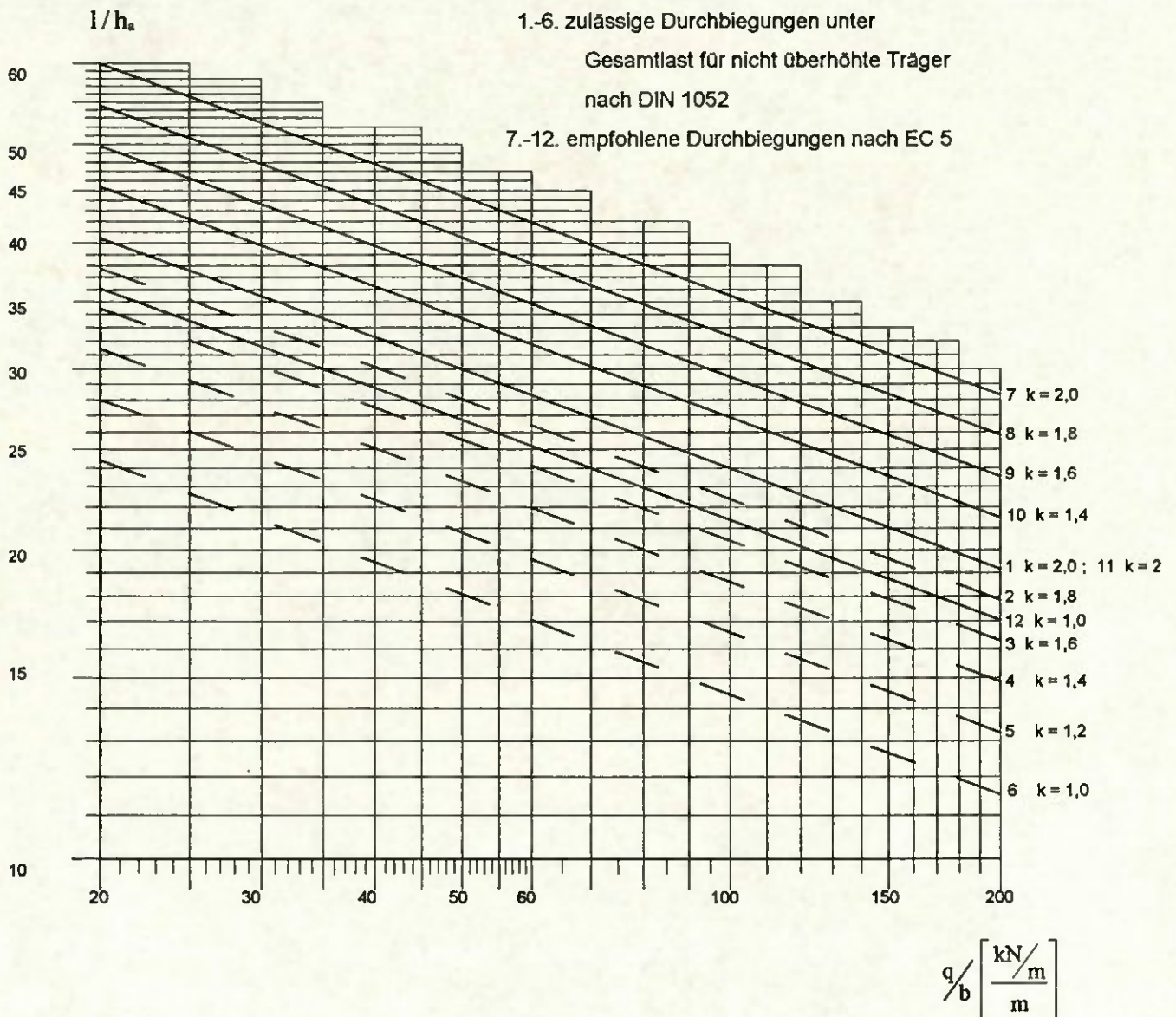
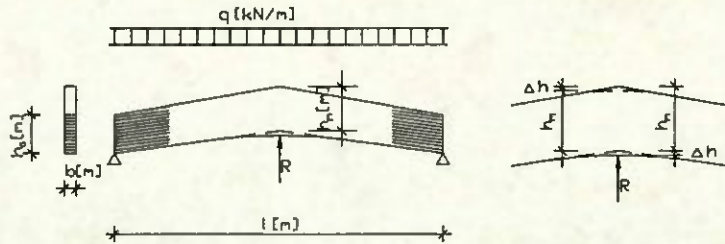
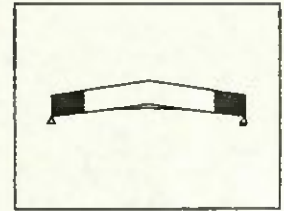
Die Bemessungslinien nach dem EC 5 enthalten Anteile aus Langzeitverformungen (Kriechen), nicht jedoch diejenigen nach DIN 1052.

# 4.14 Satteldachträger

BS18

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1



**Bild 4.14.1:** Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Gesamtlast für nicht überhöhte Träger  $k = h_m / h_a$



# 4.14 Satteldachträger

BS18

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,50$ ; Nutzungsklasse: 1

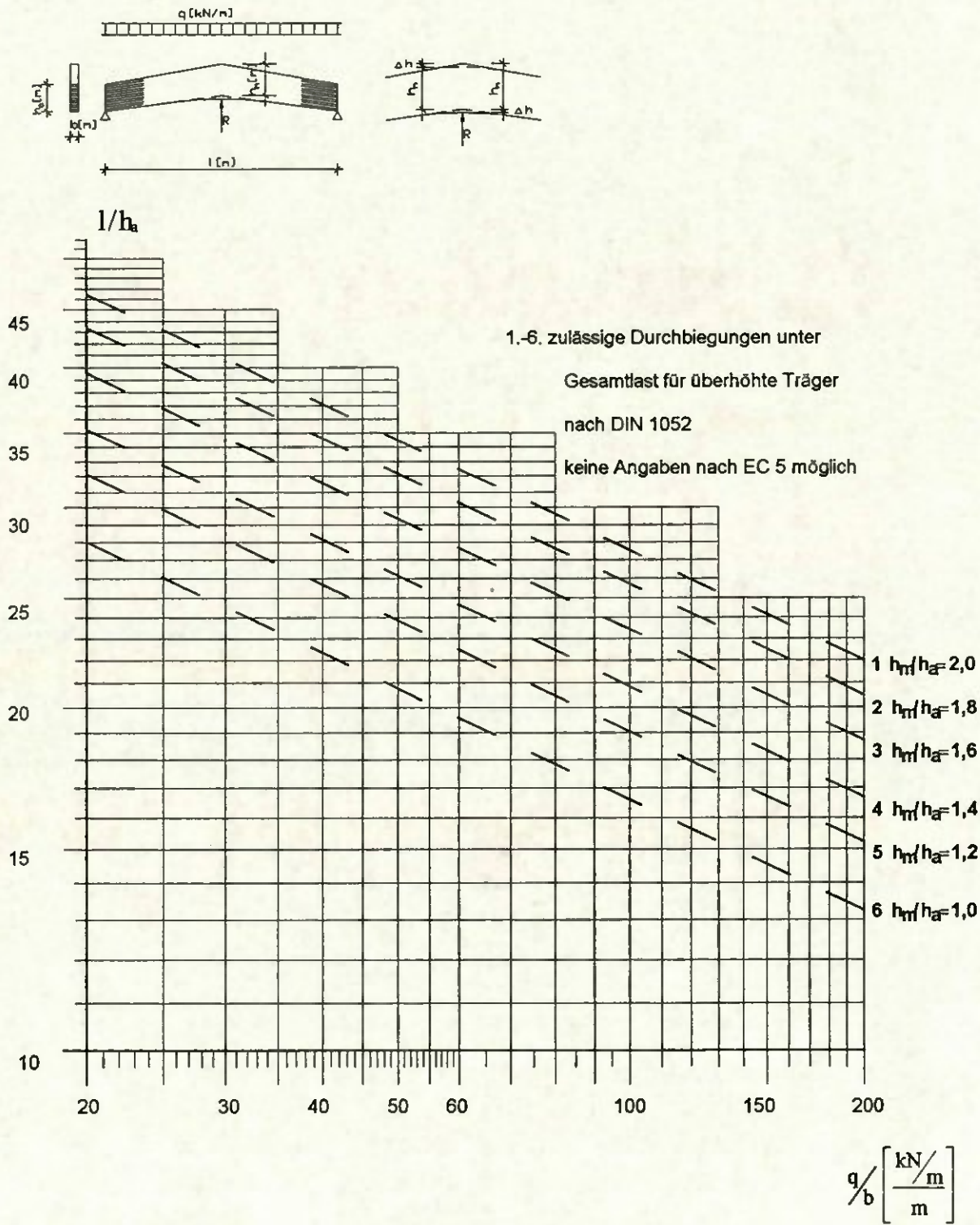
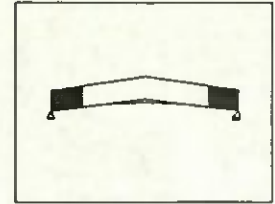


Bild 4.14.2: Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Gesamtlast für überhöhte Träger

# 4.14 Satteldachträger

BS18

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,5$ ; Nutzungsklasse: 1

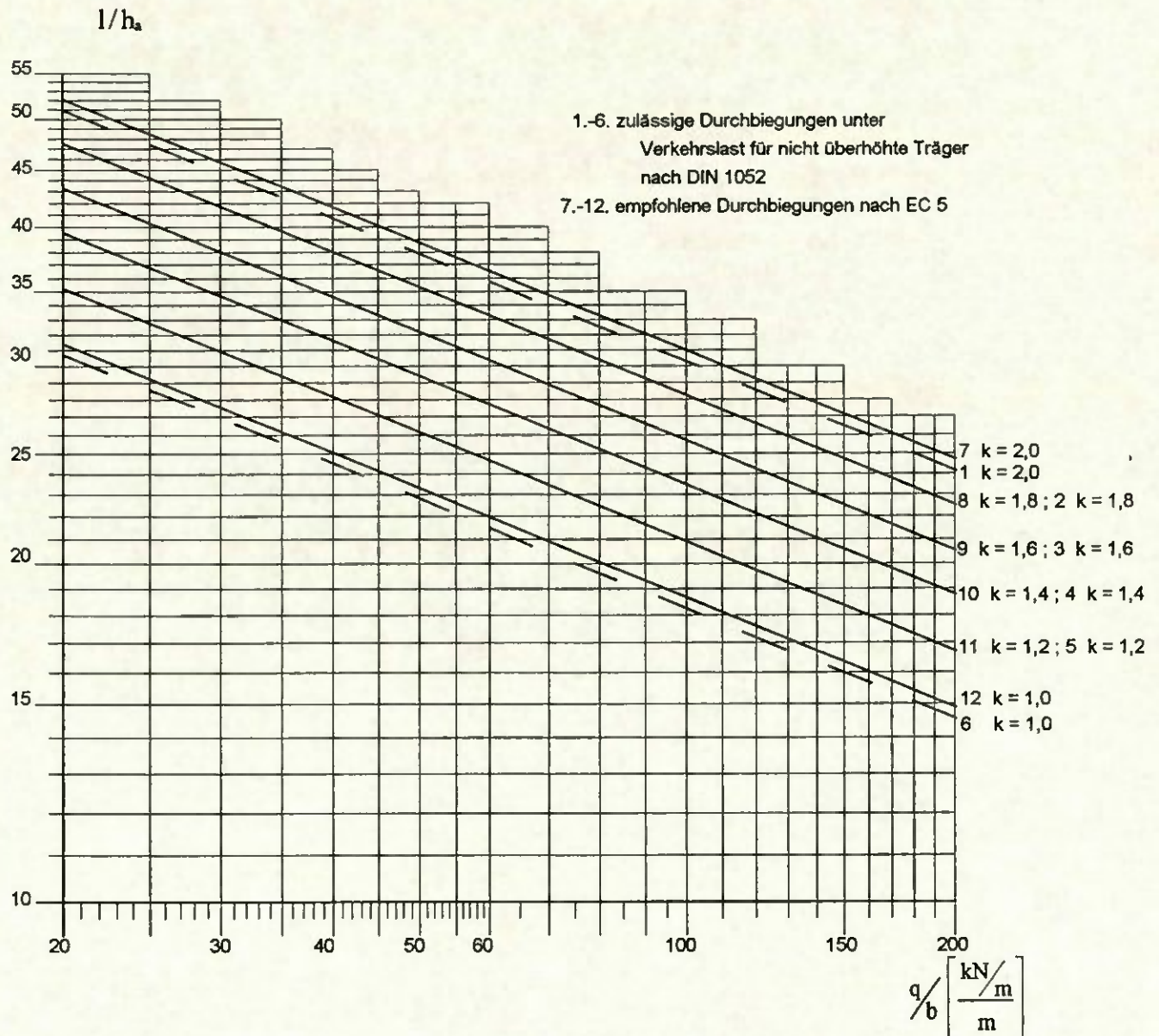
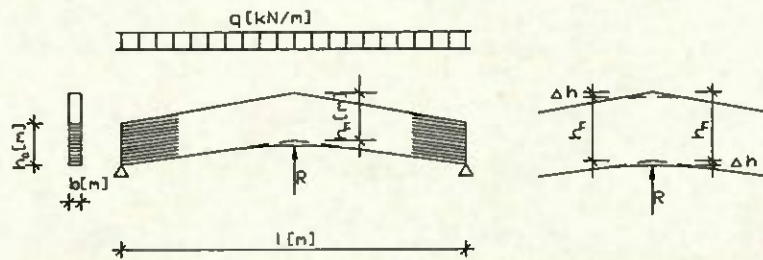
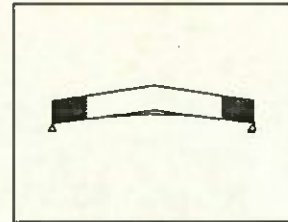
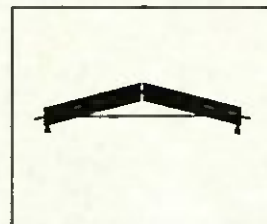


Bild 4.14.3: Diagramm zu den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen unter Verkehrslast  $k = h_m / h_a$

## 4.15 Dreigelenkstab

BS 11 (DIN 1052 )/BS 12 (DIN EN 1995-1-1)  
Tragsicherheitsnachweise



### Dreigelenkstabzug mit geraden Rechteckquerschnitten und Zugband

#### Voraussetzungen

**Statisches System:** Einfeldträger als Dreigelenkstabzug mit Zugband, Dachneigung 15°-25°  
Druckstäbe rechtwinklig zur Stabzugebene kontinuierlich gehalten

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Anwendungsbereich:** unter Dach

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Nutzungsgruppe:** 1 oder 2  
**Lasteinwirkungsdauer:** kurz  
 $\Rightarrow k_{mod} = 0,9$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 11  
Sortierklasse S10/MS10

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 12  
Sortierklasse S10

**zulässige Spannungen:** zul  $\sigma_b = 11 \text{ MN/m}^2$   
zul  $\sigma_{Df} = 8,5 \text{ MN/m}^2$

**charakteristische Festigkeiten:**  $f_{m,sk} = 24 \text{ MN/m}^2$   
 $f_{c,0,sk} = 24 \text{ MN/m}^2$

#### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- l' = l/2
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- l'' = Länge des Obergurtes
- q = g+s = Belastung gleichmäßig verteilt
- g = Eigengewicht
- s = Schnee

#### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- l' = l/2
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- l'' = Länge des Obergurtes
- $q_d = \gamma_o \cdot G + \gamma_q \cdot Q$
- G = Eigengewicht,  $\gamma_o = 1,35$
- Q = Schnee,  $\gamma_q = 1,5$

#### Rechenwert der Biegespannung:

$$\sigma_b = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h^2 \cdot b}$$

#### Bemessungswert der Biegespannung:

$$\sigma_{m,Ed} = \frac{q_d \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h^2 \cdot b}$$

#### Rechenwert der Druckspannung:

$$\sigma_{Df} = \frac{N}{b \cdot h}$$

#### Bemessungswert der Druckspannung:

$$\sigma_{c,0,Ed} = \frac{N_d}{b \cdot h}$$

#### Bemessungswert der Biegefestigkeit:

$$f_{m,Ed} = \frac{f_{m,sk}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} \quad \gamma_M = 1,3$$

#### Bemessungswert der Druckfestigkeit:

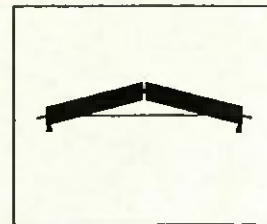
$$f_{c,0,Ed} = \frac{f_{c,0,sk}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} \quad \gamma_M = 1,3$$



## 4.15 Dreigelenkstab

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DIN EN 1995-1-1)

Tragsicherheitsnachweise



**Forderung:**

Druck und Biegung

$$\omega \cdot \frac{\sigma_{Dl}}{zul\sigma_{Dl}} + \frac{\sigma_b}{zul\sigma_b} \leq 1$$

**Forderung:**

Druck und Biegung

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot k_{c,y}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

**Anmerkung:**

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Biege- und der Druckfestigkeit einschließlich Knickbeiwert. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Die Kurvenwerte für die Bemessung nach dem EC 5 liegen für die gewählte Festigkeitsklasse im gesamten Bereich oberhalb derjenigen nach DIN 1052. Die höher angeordneten Linien ergeben wirtschaftlichere Dimensionen als die darunterliegenden. Bei Trägerhöhen von weniger als 600 mm dürfen für die Anwendung des EC 5 erhöhte Biegefestigkeiten angesetzt werden. Diese sind im Diagramm nicht eingearbeitet.

## 4.15 Dreigelenkstab

BS 11 (DIN 1052 )/

BS 12 (DIN EN 1995-1-1)

$g/q = 0,5$  ; Nutzungsklasse: 1 oder 2

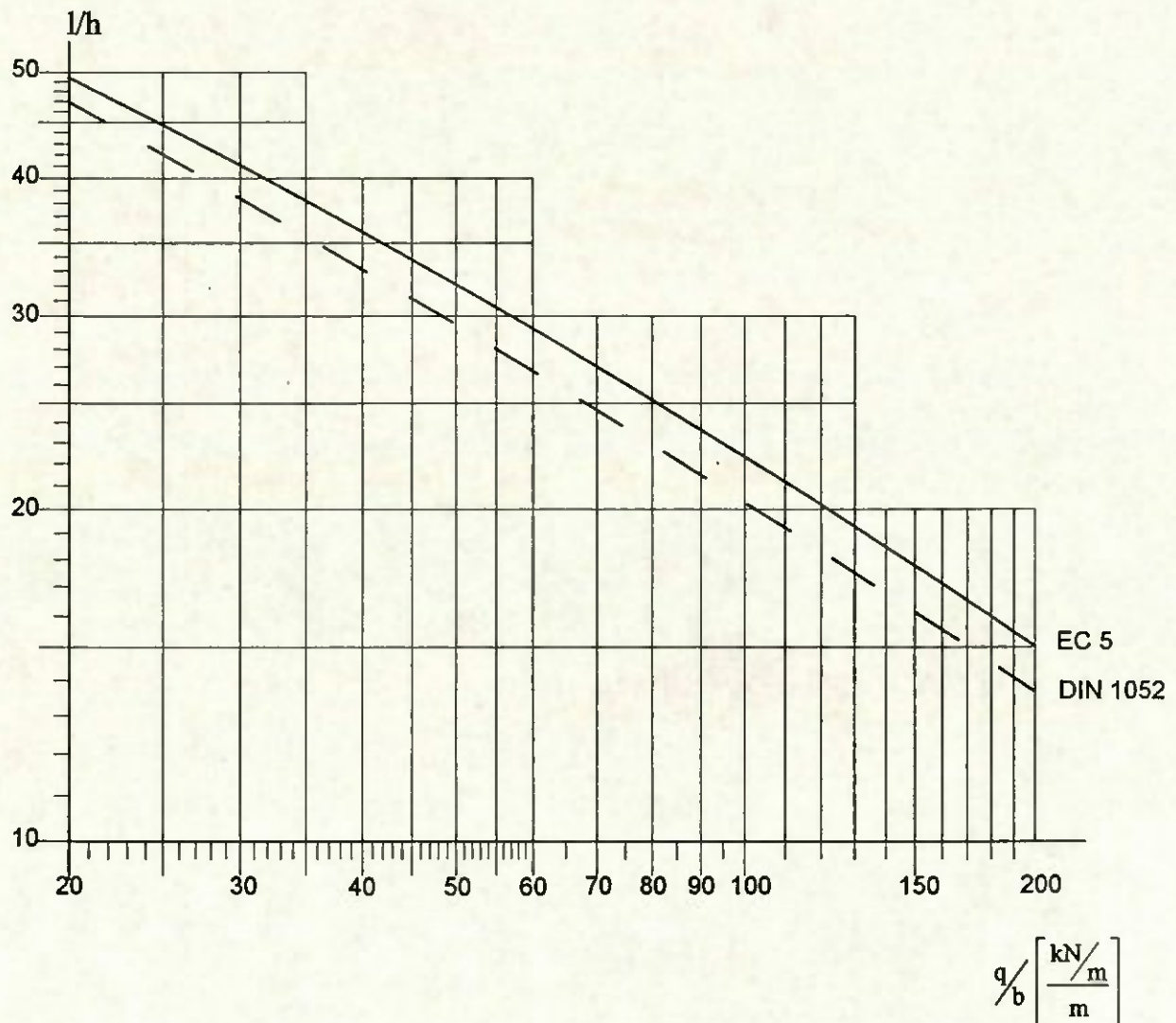
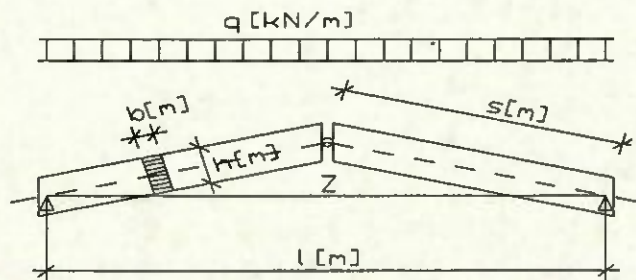
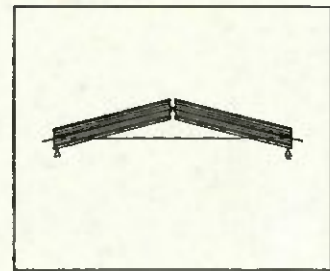
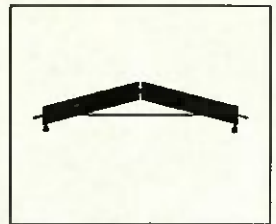


Bild 4.15: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise

# 4.16 Dreigelenkstab

BS 14

Tragsicherheitsnachweise



## Dreigelenkstabzug mit geraden Rechteckquerschnitten und Zugband

### Voraussetzungen

**Statisches System:** Einfeldträger als Dreigelenkstabzug mit Zugband, Dachneigung 15°-25°  
Druckstäbe rechtwinklig zur Stabzugebene kontinuierlich gehalten

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Anwendungsbereich:** unter Dach

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Nutzungsklasse:** 1 oder 2

**Lasteinwirkungsdauer:** kurz  
⇒  $k_{mod} = 0,9$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 14  
Sortierklasse S13/S10

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 14  
Sortierklasse S13/S10

**zulässige Spannungen:** zul  $\sigma_b = 16 \text{ MN/m}^2$   
zul  $\sigma_{D1} = 11 \text{ MN/m}^2$

**charakteristische Festigkeiten:**  $f_{m,sk} = 28 \text{ MN/m}^2$   
bei kombiniertem BS-Holz  $f_{c,0,sk} = 27,5 \text{ MN/m}^2$

### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- l' = l/2
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- l'' = Länge des Obergurtes
- q = g+s = Belastung gleichmäßig verteilt
- g = Eigengewicht
- s = Schnee

### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- l' = l/2
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- l'' = Länge des Obergurtes
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$
- G = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
- Q = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$

### Rechenwert der Biegespannung:

$$\sigma_b = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h^2 \cdot b}$$

### Bemessungswert der Biegespannung:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{q_d \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h^2 \cdot b}$$

### Rechenwert der Druckspannung:

$$\sigma_{D1} = \frac{N}{b \cdot h}$$

### Bemessungswert der Druckspannung:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b \cdot h}$$

### Bemessungswert der Biegefestigkeit:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,sk}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} \quad \gamma_M = 1,3$$

### Bemessungswert der Druckfestigkeit:

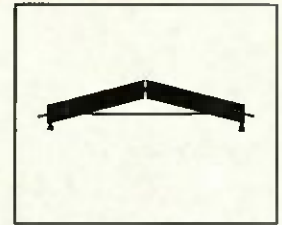
$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,sk}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} \quad \gamma_M = 1,3$$



## 4.16 Dreigelenkstab

BS 14

Tragsicherheitsnachweise



**Forderung:**

Druck und Biegung

$$\omega \cdot \frac{\sigma_{Dl}}{zul\sigma_{Dl}} + \frac{\sigma_B}{zul\sigma_B} \leq 1$$

**Forderung:**

Druck und Biegung

$$\frac{\sigma_{e,0,d}}{f_{e,0,d} \cdot k_{cy}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

**Anmerkung:**

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Biege- und der Druckfestigkeit einschließlich Knickbeiwert. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Die Kurvenwerte für die Bemessung nach dem EC 5 liegen für die gewählte Festigkeitsklasse im gesamten Bereich oberhalb derjenigen nach DIN 1052. Die höher angeordneten Linien ergeben wirtschaftlichere Dimensionen als die darunterliegenden. Bei Trägerhöhen von weniger als 600 mm dürfen für die Anwendung des EC 5 erhöhte Biegefestigkeiten angesetzt werden. Diese sind im Diagramm nicht eingearbeitet.

# 4.16 Dreigelenkstab

BS 14

$g/q = 0,5$  ;

Nutzungsstufe: 1 oder 2

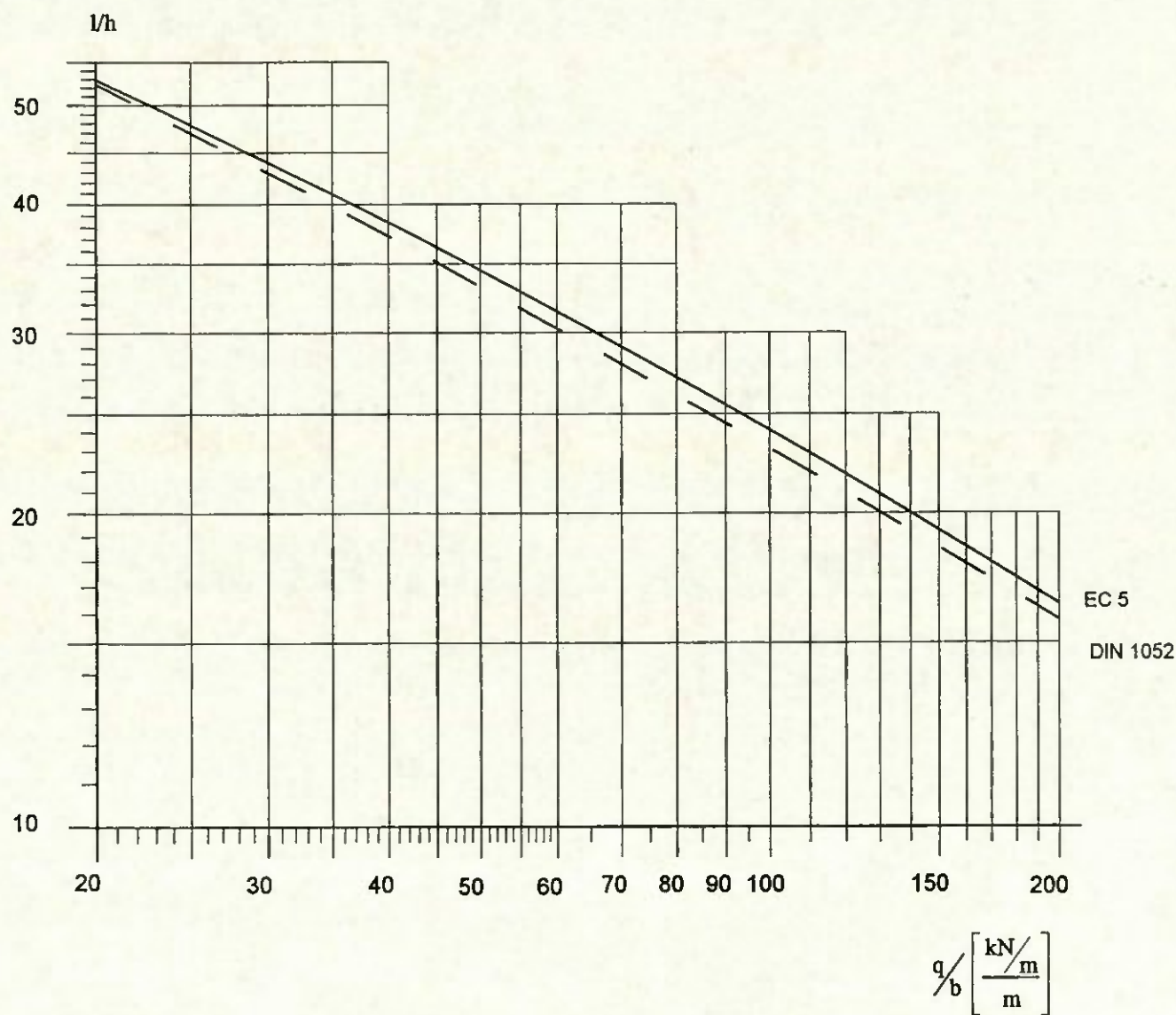
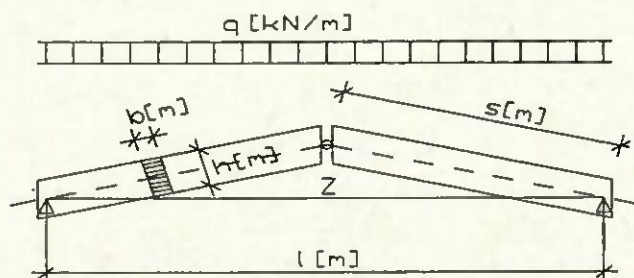
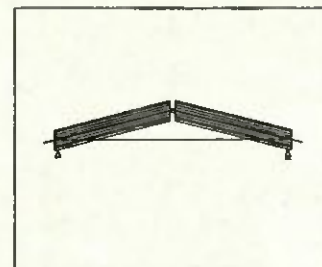
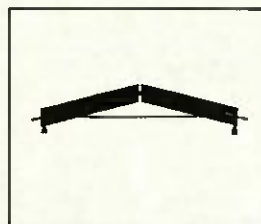


Bild 4.16: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise

## 4.17 Dreigelenkstab

BS 16

Tragsicherheitsnachweise



### Dreigelenkstabzug mit geraden Rechteckquerschnitten und Zugband

#### Voraussetzungen

Statisches System:

Einfeldträger als Dreigelenkstabzug mit Zugband, Dachneigung 15°-25°  
Druckstäbe rechtwinklig zur Stabzugebene kontinuierlich gehalten

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

Belastung: Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
Anwendungsbereich: unter Dach

Einwirkungen: Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
Nutzungsklasse: 1 oder 2  
Lasteinwirkungsdauer: kurz  
⇒  $k_{mod} = 0,9$

Baustoff: Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 16  
Sortierklasse MS13/MS10

Baustoff: Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 16  
Sortierklasse MS13/MS10

zulässige Spannungen: zul  $\sigma_B = 16 \text{ MN/m}^2$   
zul  $\sigma_{D1} = 11,5 \text{ MN/m}^2$

charakteristische Festigkeiten:  $f_{m,g,k} = 32 \text{ MN/m}^2$   
bei kombiniertem BS-Holz  $f_{c,0,g,k} = 28 \text{ MN/m}^2$

Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- l' = l/2
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- l'' = Länge des Obergurtes
- q = g+s = Belastung gleichmäßig verteilt
- g = Eigengewicht
- s = Schnee

Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- l' = l/2
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- l'' = Länge des Obergurtes
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$
- G = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
- Q = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$

Rechenwert der Biegespannung:

$$\sigma_B = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h^2 \cdot b}$$

Bemessungswert der Biegespannung:

$$\sigma_{m,d} = \frac{q_d \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h^2 \cdot b}$$

Rechenwert der Druckspannung:

$$\sigma_{D1} = \frac{N}{b \cdot h}$$

Bemessungswert der Druckspannung:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b \cdot h}$$

Bemessungswert der Biegefestigkeit:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} \quad \gamma_M = 1,3$$

Bemessungswert der Druckfestigkeit:

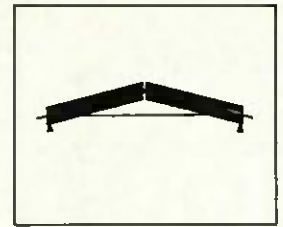
$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} \quad \gamma_M = 1,3$$



## 4.17 Dreigelenkstab

BS 16

Tragsicherheitsnachweise



**Forderung:**

Druck und Biegung

$$\omega \cdot \frac{\sigma_{Dl}}{\text{zul}\sigma_{Dl}} + \frac{\sigma_B}{\text{zul}\sigma_B} \leq 1$$

**Forderung:**

Druck und Biegung

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot k_{c,y}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

**Anmerkung:**

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Biege- und der Druckfestigkeit einschließlich Knickbeiwert. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Die Kurvenwerte für die Bemessung nach dem EC 5 liegen für die gewählte Festigkeitsklasse im gesamten Bereich oberhalb derjenigen nach DIN 1052. Die höher angeordneten Linien ergeben wirtschaftlichere Dimensionen als die darunterliegenden. Bei Trägerhöhen von weniger als 600 mm dürfen für die Anwendung des EC 5 erhöhte Biegefestigkeiten angesetzt werden. Diese sind im Diagramm nicht eingearbeitet.

# 4.17 Dreigelenkstab

BS 16

$g/q = 0,5$  ;

Nutzungsklasse: 1 oder 2

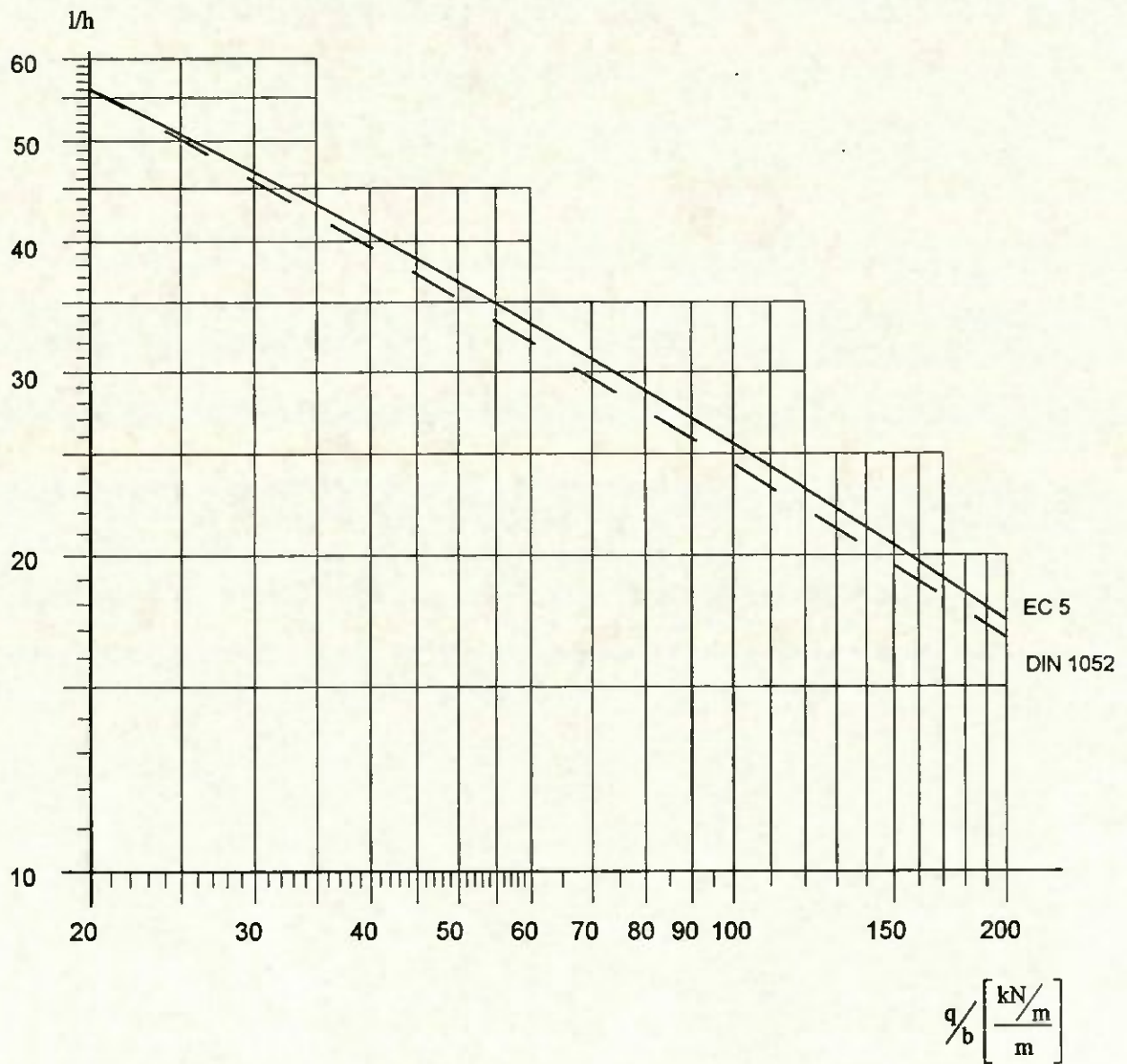
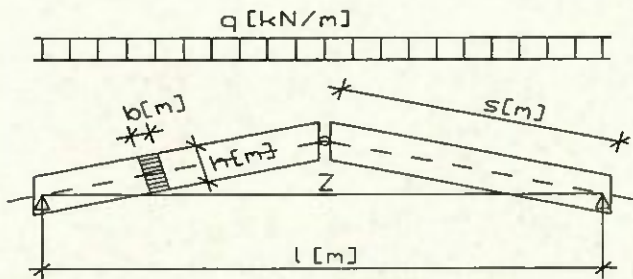
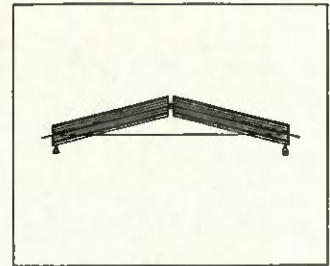
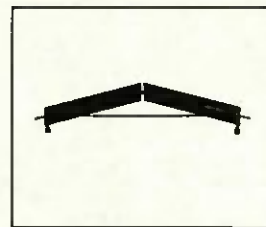


Bild 4.17: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise

# 4.18 Dreigelenkstab

BS 18

Tragsicherheitsnachweise



## Dreigelenkstabzug mit geraden Rechteckquerschnitten und Zugband

### Voraussetzungen

**Statisches System:** Einfeldträger als Dreigelenkstabzug mit Zugband, Dachneigung 15°-25°  
Druckstäbe rechtwinklig zur Stabzuebene kontinuierlich gehalten

DIN 1052

DIN EN 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Anwendungsbereich:** unter Dach

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Nutzungsgruppe:** 1 oder 2

**Lasteinwirkungsdauer:** kurz  
⇒  $k_{mod} = 0,9$

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 18  
Sortierklasse MS17/MS13

**Baustoff:** Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 18  
Sortierklasse MS17/MS13

**zulässige Spannungen:** zul  $\sigma_b = 18 \text{ MN/m}^2$   
zul  $\sigma_{D1} = 13 \text{ MN/m}^2$

**charakteristische Festigkeiten:**  $f_{m,sk} = 36 \text{ MN/m}^2$   
bei kombiniertem BS-Holz  $f_{c,0,sk} = 30,5 \text{ MN/m}^2$

### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- l' = l/2
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- l'' = Länge des Obergurtes
- q = g+s = Belastung gleichmäßig verteilt
- g = Eigengewicht
- s = Schnee

### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- l' = l/2
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- l'' = Länge des Obergurtes
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$
- G = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
- Q = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$

### Rechenwert der Biegespannung:

$$\sigma_b = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h^2 \cdot b}$$

### Bemessungswert der Biegespannung:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{q_d \cdot l^2}{8} \cdot \frac{6}{h^2 \cdot b}$$

### Rechenwert der Druckspannung:

$$\sigma_{D1} = \frac{N}{b \cdot h}$$

### Bemessungswert der Druckspannung:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b \cdot h}$$

### Bemessungswert der Biegefestigkeit:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,sk}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} \quad \gamma_M = 1,3$$

### Bemessungswert der Druckfestigkeit:

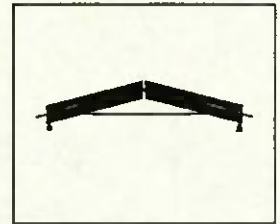
$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,sk}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} \quad \gamma_M = 1,3$$



## 4.18 Dreigelenkstab

BS 18

Tragsicherheitsnachweise



**Forderung:**

Druck und Biegung

$$\omega \cdot \frac{\sigma_{Dl}}{zul\sigma_{Dl}} + \frac{\sigma_B}{zul\sigma_B} \leq 1$$

**Forderung:**

Druck und Biegung

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot k_{c,y}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

**Anmerkung:**

Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Biege- und der Druckfestigkeit einschließlich Knickbeiwert. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Die Kurvenwerte für die Bemessung nach dem EC 5 liegen für die gewählte Festigkeitsklasse im gesamten Bereich oberhalb derjenigen nach DIN 1052. Die höher angeordneten Linien ergeben wirtschaftlichere Dimensionen als die darunterliegenden. Bei Trägerhöhen von weniger als 600 mm dürfen für die Anwendung des EC 5 erhöhte Biegefestigkeiten angesetzt werden. Diese sind im Diagramm nicht eingearbeitet.

# 4.18 Dreigelenkstab

BS 18

$g/q = 0,5$  ;

Nutzungsstufe: 1 oder 2

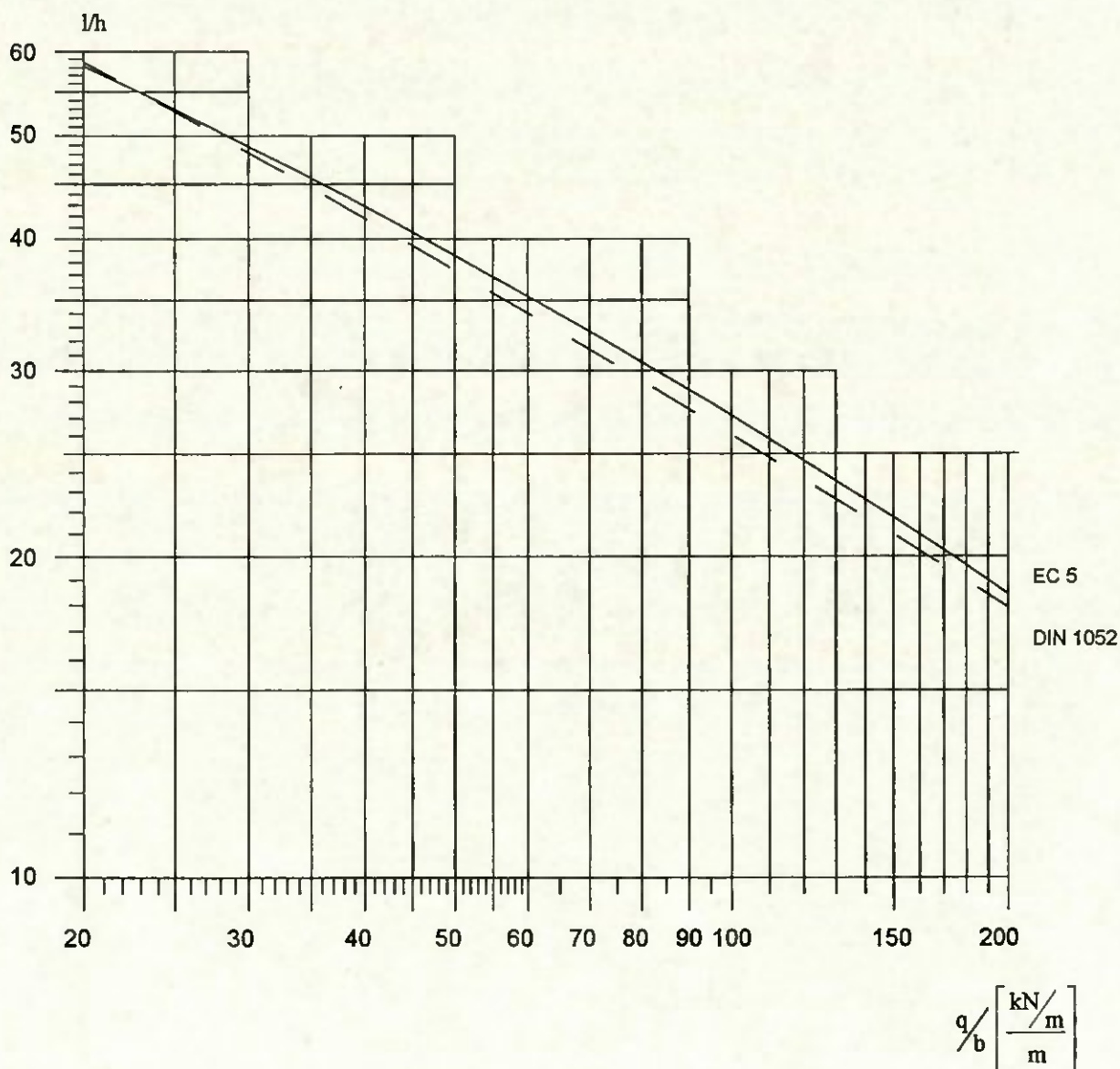
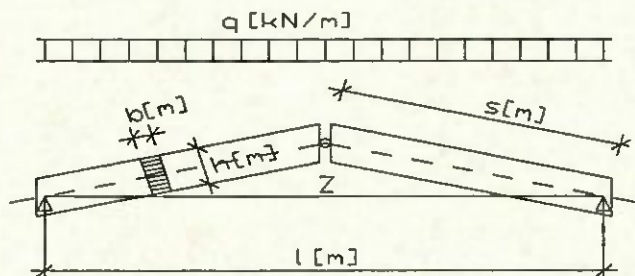
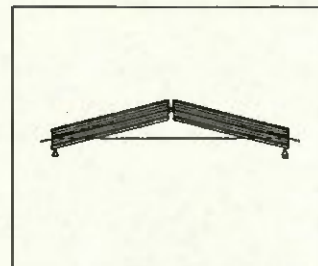
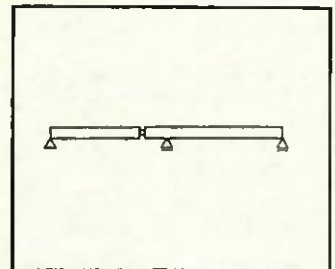


Bild 4.18: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise

# 4.19 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DINV ENV 1995-1-1)

Tragsicherheitsnachweise



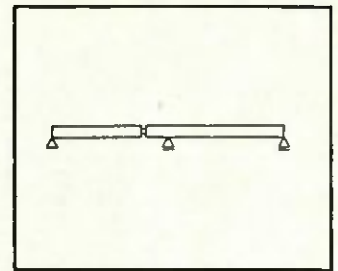
<b>Gelenkträger</b> <b>Voraussetzungen:</b> <b>Statisches System: Zweifeld- oder Dreifeldträger mit Gelenken</b> <b>nach nachfolgender Abbildung</b>		
Nr.	System	
1		$x = 0,1716 \cdot l$
2		$x = 0,1716 \cdot l$
3		$x = 0,1250 \cdot l$
4		$x = 0,2200 \cdot l$
DIN 1052		DINV ENV 1995-1-1
Belastung: Gleichlast, Eigengewicht und Verkehrslast		Einwirkungen: Gleichlast, Eigengewicht und Verkehrslast
Anwendungsbereich: Innenräume		Nutzungsklasse: 1
Baustoff: BS-Holz, Festigkeitsklasse BS 11 Sortierklasse S10 / MS10		Lasteinwirkungsdauer: mittel $\Rightarrow k_{mod} = 0,8$
zulässige Spannungen: zul $\sigma_b = 11 \text{ MN/m}^2$ zul $\tau_q = 1,2 \text{ MN/m}^2$		Baustoff: BS-Holz, Festigkeitsklasse BS 12 Sortierklasse S10
Bezeichnungen:		charakteristische Festigkeiten: $f_{m,k} = 24 \text{ MN/m}^2$ $f_{v,k} = 2,7 \text{ MN/m}^2$
l = Stützweite des Trägers	h = Höhe des Rechteckquerschnittes	b = Breite des Rechteckquerschnittes
q = g+s = gleichmäßig verteilte lotrechte Belastung	g = Eigengewicht	s = Schnee
		Bezeichnungen:
		l = Stützweite des Trägers
		h = Höhe des Rechteckquerschnittes
		b = Breite des Rechteckquerschnittes
		$q_d = \gamma_o \cdot G + \gamma_q \cdot Q$
		G = Eigengewicht, $\gamma_o = 1,35$
		Q = Deckenlast $\gamma_q = 1,5$



# 4.19 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DINV ENV 1995-1-1)

Tragsicherheitsnachweise



### Rechenwerte der Biegespannung

$$\sigma_B = \frac{k \cdot q \cdot l^2 \cdot 6}{h^2 \cdot b}$$

Systemnr.	Innenfeld	Endfeld
1	k = 0,0858	
2	k = 0,0858	k = 0,0858
3	k = 0,0625	k = 0,0957
4	k = 0,0392	k = 0,0858

### Rechenwert der Schubspannung

$$\tau = \frac{1,5 \cdot k \cdot q \cdot l}{b \cdot h}$$

Systemnr.	Innenfeld	Endfeld
1	k = 0,5858	
2	k = 0,5858	k = 0,4142
3	k = 0,5625	k = 0,4375
4	k = 0,2800	k = 0,5858

### Forderungen:

Biegung	$\sigma_B \leq \text{zul } \sigma_B$
Schub	$\tau \leq \text{zul } \tau_Q$

### Bemessungswerte der Biegespannungen:

$$\sigma_{m,d} = \frac{k \cdot q_d \cdot l^2 \cdot 6}{h^2 \cdot b}$$

Systemnr.	Innenfeld	Endfeld
1	k = 0,0858	
2	k = 0,0858	k = 0,0858
3	k = 0,0625	k = 0,0957
4	k = 0,0392	k = 0,0858

### Bemessungswert der Schubspannung

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot k \cdot q_d \cdot l}{b \cdot h}$$

Systemnr.	Innenfeld	Endfeld
1	k = 0,5858	
2	k = 0,5858	k = 0,4142
3	k = 0,5625	k = 0,4375
4	k = 0,2800	k = 0,5858

### Bemessungswert der Biegefestigkeit:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,d,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}; \quad \gamma_M = 1,3$$

### Bemessungswert der Schubfestigkeit:

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,d,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}; \quad \gamma_M = 1,3$$

### Forderungen:

Biegung	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \cdot k_b$
mit:	$k_b = \min \left\{ \begin{array}{l} ((600/h)^{0,2}) \\ 1,15 \end{array} \right. \quad \text{für } h \leq 600 \text{ mm}$
Schub	$\tau_d \leq f_{v,d}$

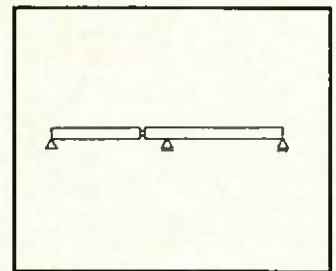
**Hinweise zu dem Diagramm:** Die Erhöhung der Biegefestigkeit mit dem Faktor  $k_b$  für Bauteile geringer Höhe aus BS-Holz wurde beim Aufstellen der Diagramme nicht berücksichtigt. Für BS-Holz mit Höhen  $\leq 600$  mm liefert das Diagramm daher zu kleine Werte für  $l/h$  für die Berechnung nach DINV ENV 1995-1-1.

Als Abszissenwert ist auch bei den Kurven nach DINV ENV 1995-1-1  $q$  ( nicht  $q_d$  ) einzusetzen.

## 4.19 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DINV ENV 1995-1-1)

Tragsicherheitsnachweise



### Anmerkung:

Aus den folgenden Diagrammen kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind die Rechenwerte der Schub- und Biegefestigkeit. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Die Kurvenwerte für die Bemessung nach dem EC 5 liegen für die gewählte Festigkeitsklasse im gesamten Bereich für Schub- und für Biegebeanspruchungen unterhalb derjenigen nach DIN 1052. Die höher angeordneten Linien ergeben die wirtschaftlicheren Dimensionen als die darunterliegenden. Dies gilt nicht in jedem Falle für sich bei der Biegebemessung nach dem EC 5 ergebende Trägerhöhen von weniger als 600 mm. Die gegenüber diesem angebotenen erhöhten Biegefestigkeiten werden im Diagramm nicht berücksichtigt.

Bei Verwendung als Dachbinder mit Lasteinwirkungen aus Schnee, die in die Lastdauerklasse "kurz" eingestuft werden können, würden die Linien für eine Bemessung nach DIN 1052 unterhalb derjenigen nach dem EC 5 liegen. Im hier betrachteten Fall wurde unterstellt, daß die Bauteile für Decken verwendet werden, deren Verkehrslast der Lastdauerklasse "mittel" zuzuweisen wäre.

# 4.19 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DIN EN 1995-1-1)

Tragsicherheitsnachweise

$g/q = 0,3$ ; Nutzungsklasse: 1

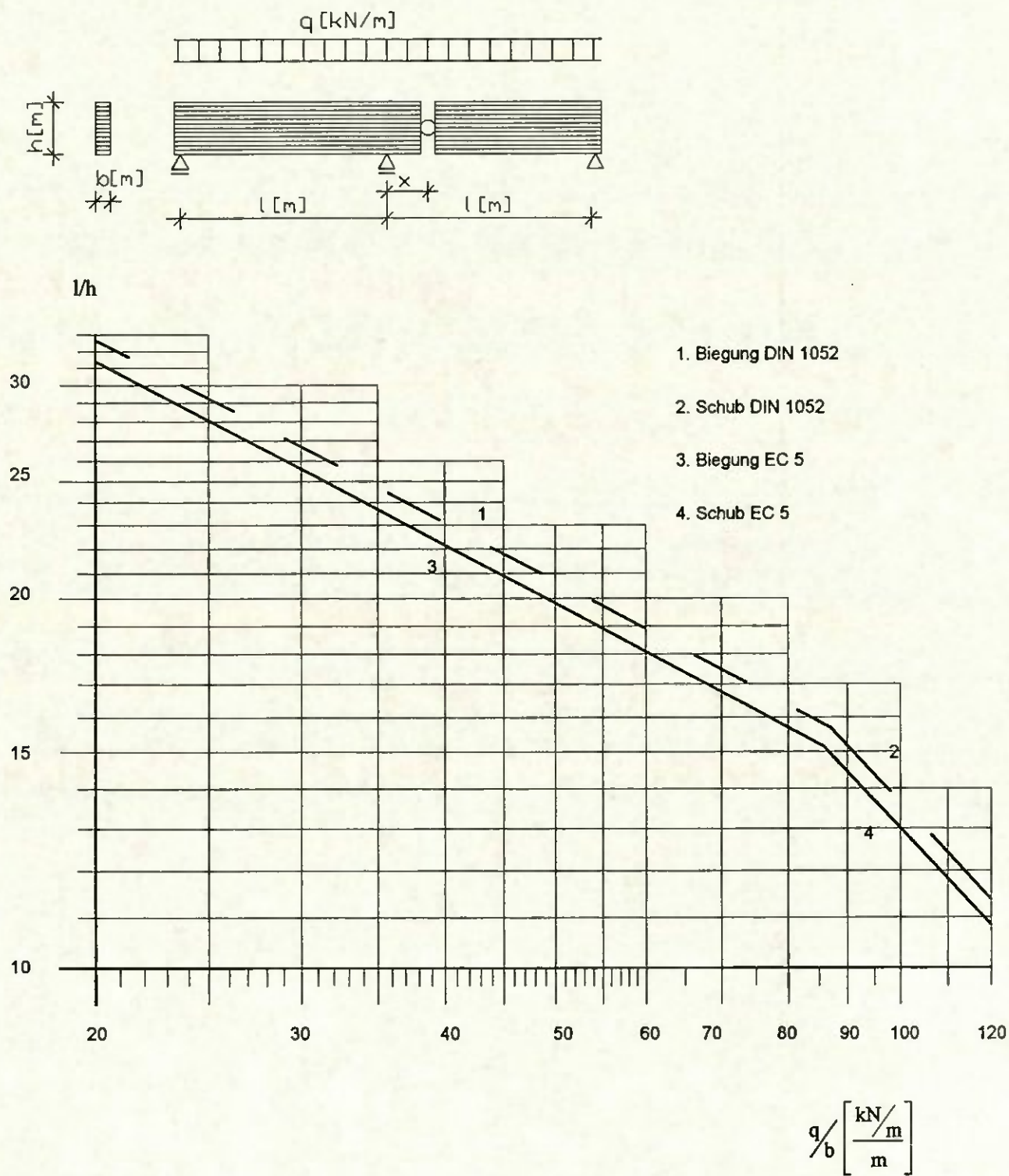
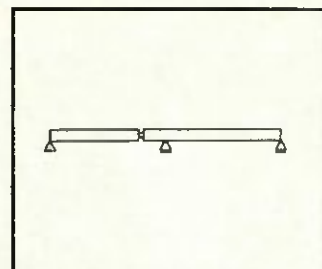


Bild 4.19.1: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweisen



# 4.19 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DINV ENV 1995-1-1)

Tragsicherheitsnachweise

$g/q = 0,3$ ; Nutzungsklasse: 1

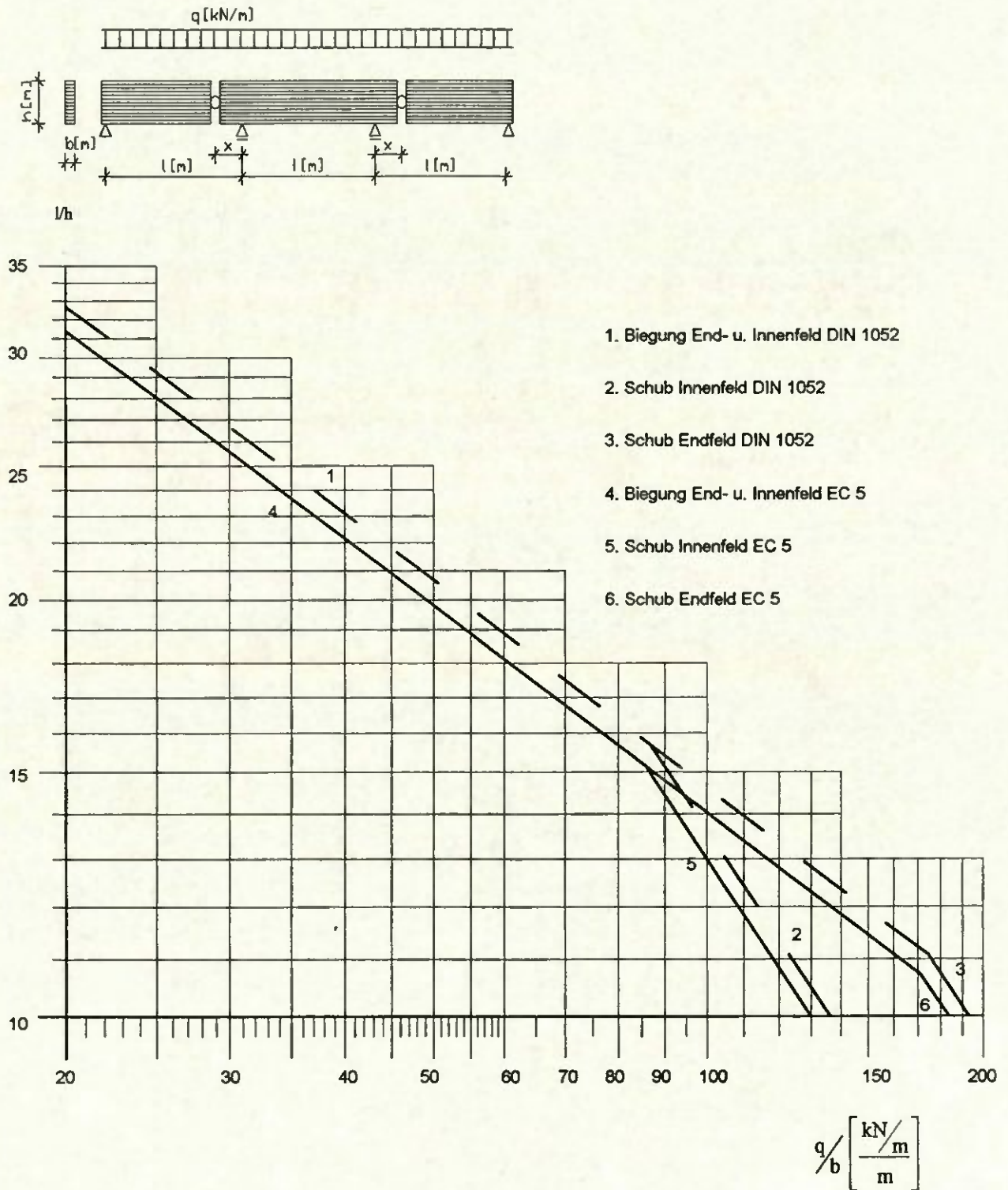
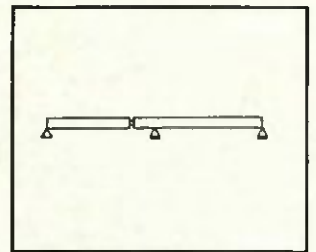


Bild 4.19.2: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweisen

# 4.19 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DIN EN 1995-1-1)

Tragsicherheitsnachweise

$g/q = 0,3$ ; Nutzungsklasse: 1

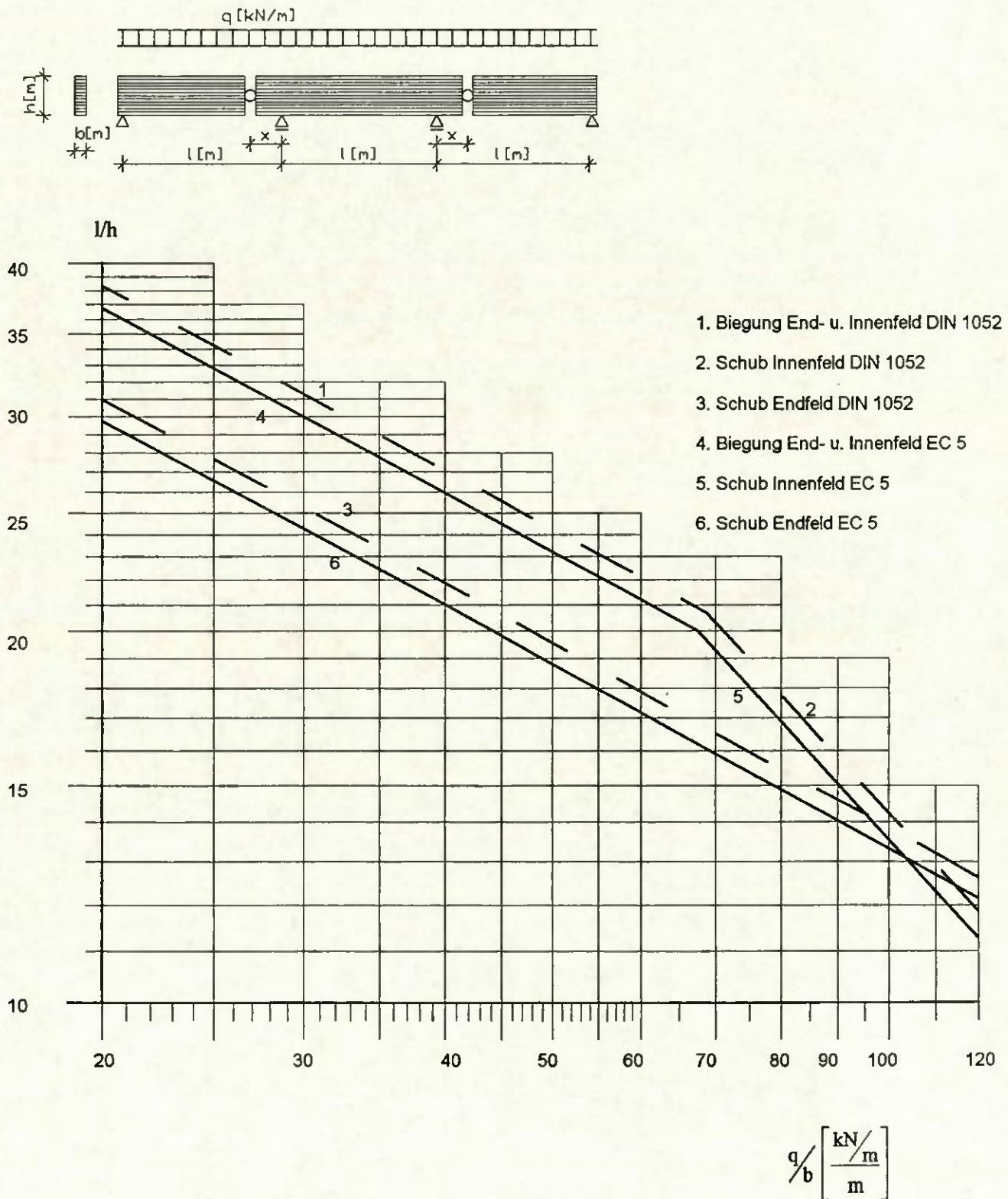
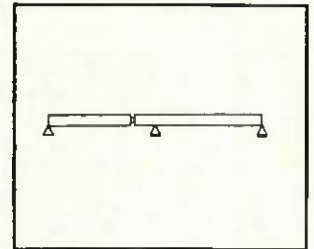


Bild 4.19.3: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweisen

# 4.19 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DINV ENV 1995-1-1)

Tragsicherheitsnachweise

$g/q = 0,3$ ; Nutzungsklasse: 1

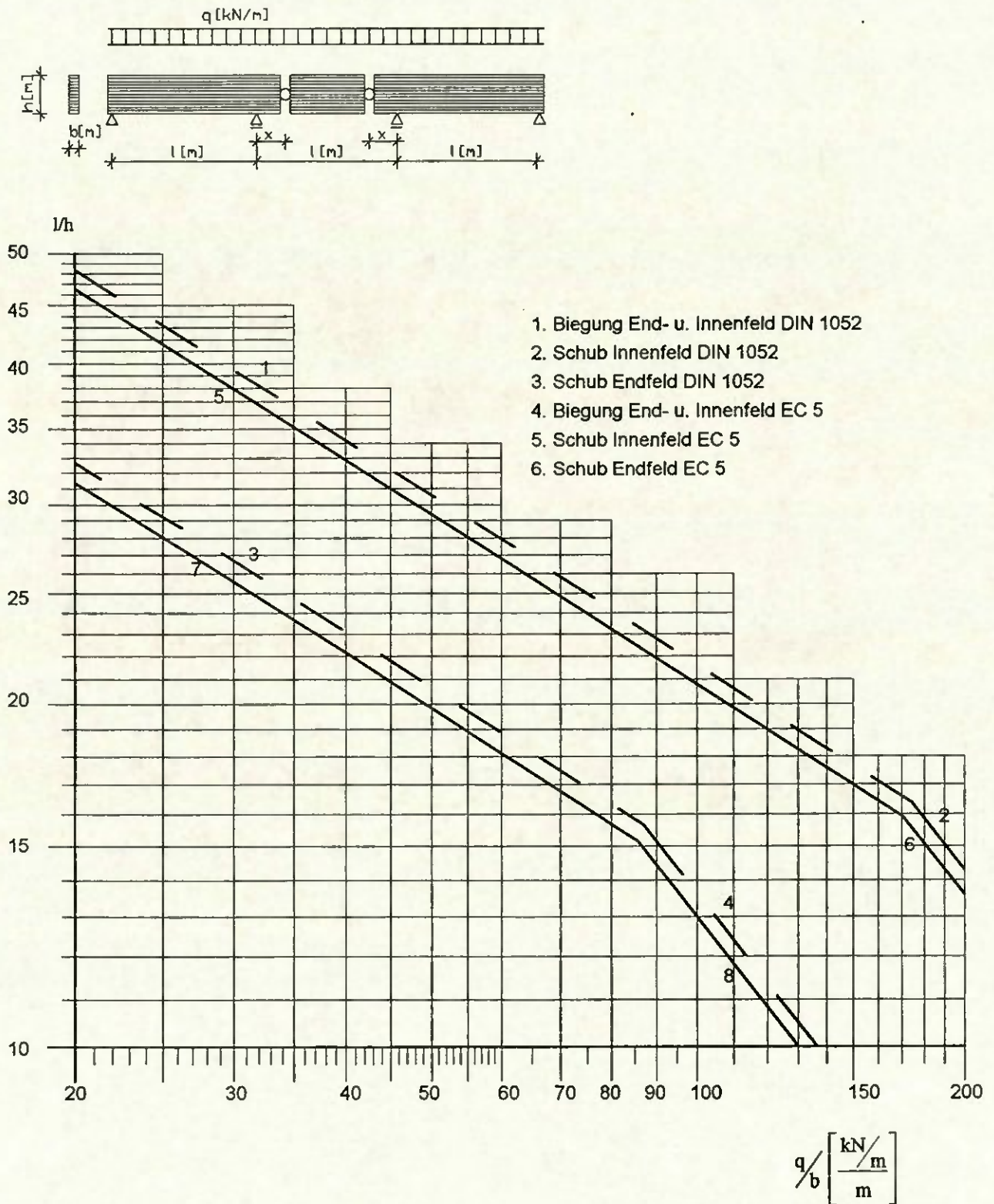
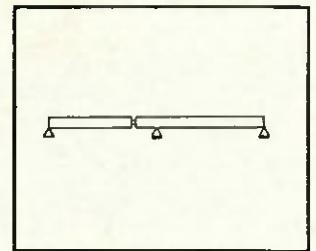


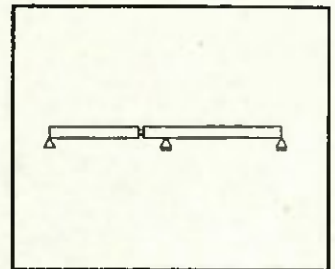
Bild 4.19.4: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise



## 4.20 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DIN EN 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

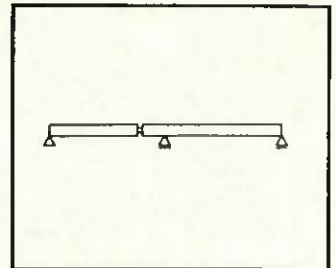


<b>Gelenkträger</b> <b>Voraussetzungen</b> <b>Statisches System: Zweifeld - oder Dreifeldträger mit Gelenken</b> <b>gerade oder leicht überhöht</b>		
Nr.	System	
1		$x = 0,1716 \cdot l$
2		$x = 0,1716 \cdot l$
3		$x = 0,1250 \cdot l$
4		$x = 0,2200 \cdot l$
DIN 1052		DIN EN 1995-1-1
Belastung: Gleichlast, Eigengewicht und Verkehrslast		Einwirkungen: Gleichlast, Eigengewicht und Verkehrslast
Anwendungsbereich: Innenräume		Nutzungsklasse: 1
Baustoff: BS-Holz, Festigkeitsklasse BS 11 Sortierklasse S10 / MS10		Lasteinwirkungsdauer: mittel
Baustoff: BS-Holz, Festigkeitsklasse BS 12 Sortierklasse S10		Baustoff: BS-Holz, Festigkeitsklasse BS 12 Sortierklasse S10
Bezeichnungen:		Bezeichnungen:
$l$ = Stützweite des Trägers $b$ = Breite des Rechteckquerschnittes $h$ = Höhe des Rechteckquerschnittes $q$ = $g+p$ $g$ = Eigengewicht $p$ = Verkehrslast		$l$ = Stützweite des Trägers $b$ = Breite des Rechteckquerschnittes $h$ = Höhe des Rechteckquerschnittes $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$ $G$ = Eigengewicht, $\gamma_G = 1,35$ $Q$ = Schnee, $\gamma_Q = 1,5$ $u_o$ = Überhöhung $u_1$ = Durchbiegung infolge ständiger Einwirkungen $u_2$ = Durchbiegung infolge veränderlicher Einwirkungen

## 4.20 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DIN V ENV 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



Elastizitätsmodul:  $E = 11000 \text{ MN/m}^2$

Mittelwert des Elastizitätsmoduls:

$$E_{0, \text{mean}, g} = 11500 \text{ MN/m}^2$$

Beiwerte  $k_{\text{def}}$  der Durchbiegung:

ständige Last, Nutzungsklasse 1:  $k_{\text{def}} = 0,60$

ständige Last, Nutzungsklasse 1:  $k_{\text{def}} = 0,80$

Rechenwert der Durchbiegung:

$$f_p = \frac{k \cdot p \cdot l^4 \cdot 12}{E \cdot b \cdot h^3} \quad \text{Verformung unter Verkehrslast}$$

$$f_q = \frac{k \cdot q \cdot l^4 \cdot 12}{E \cdot b \cdot h^3} \quad \text{Verformung unter Gesamtlast}$$

Bemessungswerte der Durchbiegung:

elstische Anfangsverformung Verkehrslasten:

$$u_{2, \text{inst}} = \frac{5 \cdot s \cdot l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0, \text{mean}, g} \cdot b \cdot h_v^3}$$

Endverformung Verkehrslast

$$u_{2, \text{fin}} = u_{2, \text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}, 2})$$

Endverformung Gesamtlast

$$u_{\text{net}, \text{fin}} = \frac{5 \cdot (s + g \cdot (1 + k_{\text{def}})) l^4 \cdot 12}{384 \cdot E_{0, \text{mean}, g} \cdot b \cdot h_v^3} - u_o$$

Systemnr.	Innenfeld	Endfeld
1	$k = 0,0077$	
2	$k = 0,0023$	$k = 0,0067$
3	$k = 0,0052$	$k = 0,0071$
4	$k = 0,0029$	$k = 0,0077$

Systemnr.	Innenfeld	Endfeld
1	$k = 0,0077$	
2	$k = 0,0023$	$k = 0,0067$
3	$k = 0,0052$	$k = 0,0071$
4	$k = 0,0029$	$k = 0,007$

Forderung:

$$f_q \leq \frac{1}{200} \quad \text{für überhöhte Träger}$$

$$f_q \leq \frac{1}{300} \quad \text{für nicht überhöhte Träger}$$

$$f_i \leq \frac{1}{300} \quad \text{für überhöhte Träger}$$

Forderung:

$$u_{2, \text{inst}} \leq \frac{1}{300}$$

$$u_{2, \text{fin}} \leq \frac{1}{200}$$

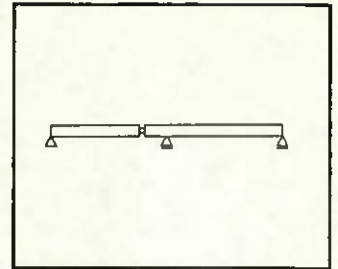
$$u_{\text{net}, \text{fin}} \leq \frac{1}{200}$$

**Hinweise zu dem Diagramm:** Bei den in DIN V ENV 1995-1-1 genannten Grenzen für die Durchbiegung handelt es sich um Empfehlungen. Für überhöhte Träger nach DIN V ENV 1995-1-1 kann keine Forderung für  $l/h$  aufgestellt werden, da  $u_{\text{net}, \text{fin}}$  durch die Wahl von  $u_o$  beeinflusst wird. Als Abszissenwerte ist auch bei den Kurven nach DIN V ENV 1995-1-1  $q$  ( nicht  $q_d$  einzusetzen ).

## 4.20 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DINV ENV 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise



### Anmerkung:

Aus den folgenden Diagrammen kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind gegebene oder angenommene Grenzen der Durchbiegung. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Bei Verwendung von Linien, denen die gleiche Belastung zugeordnet ist, ergibt die höher gelegene den wirtschaftlicheren Querschnitt. Der Durchbiegung unter Gesamtlast kann bei den empfohlenen Grenzen des EC 5 immer durch eine hinreichende Überhöhung begegnet werden, so daß diese dann nicht bemessungsmaßgebend wird.

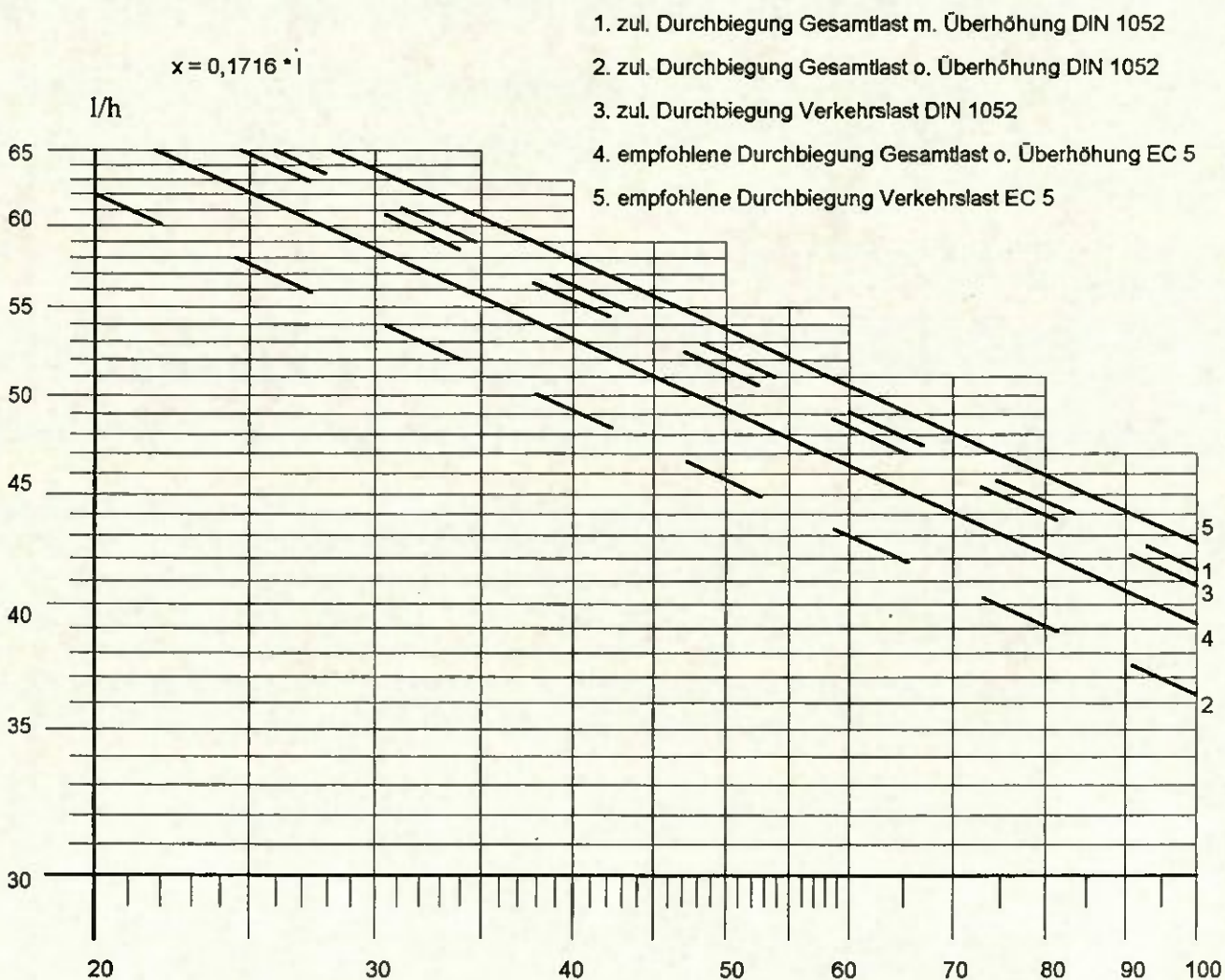
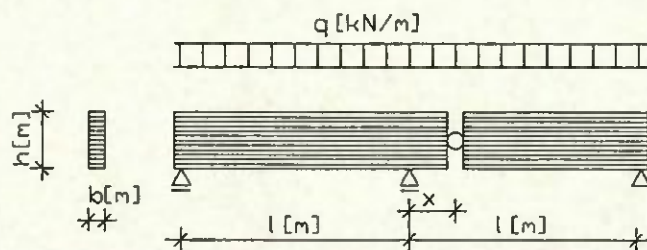
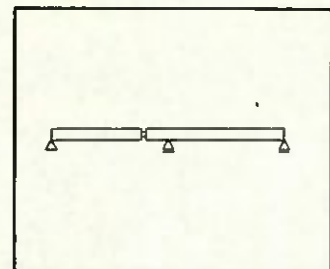


# 4.20 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DIN EN 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,3$ ; Nutzungsklasse: 1



$$\frac{q}{b} \left[ \frac{\text{kN/m}}{\text{m}} \right]$$

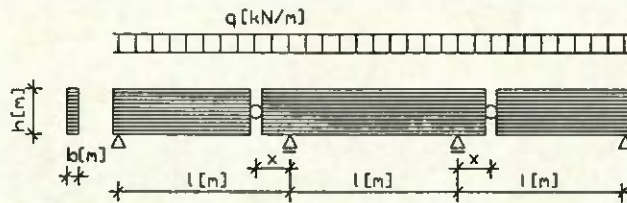
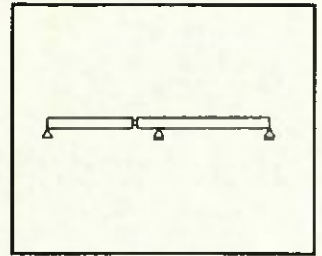
Bild 4.20.1: Diagramm zum Vergleich der Gebrauchstauglichkeitsnachweise

## 4.20 Gelenkträger

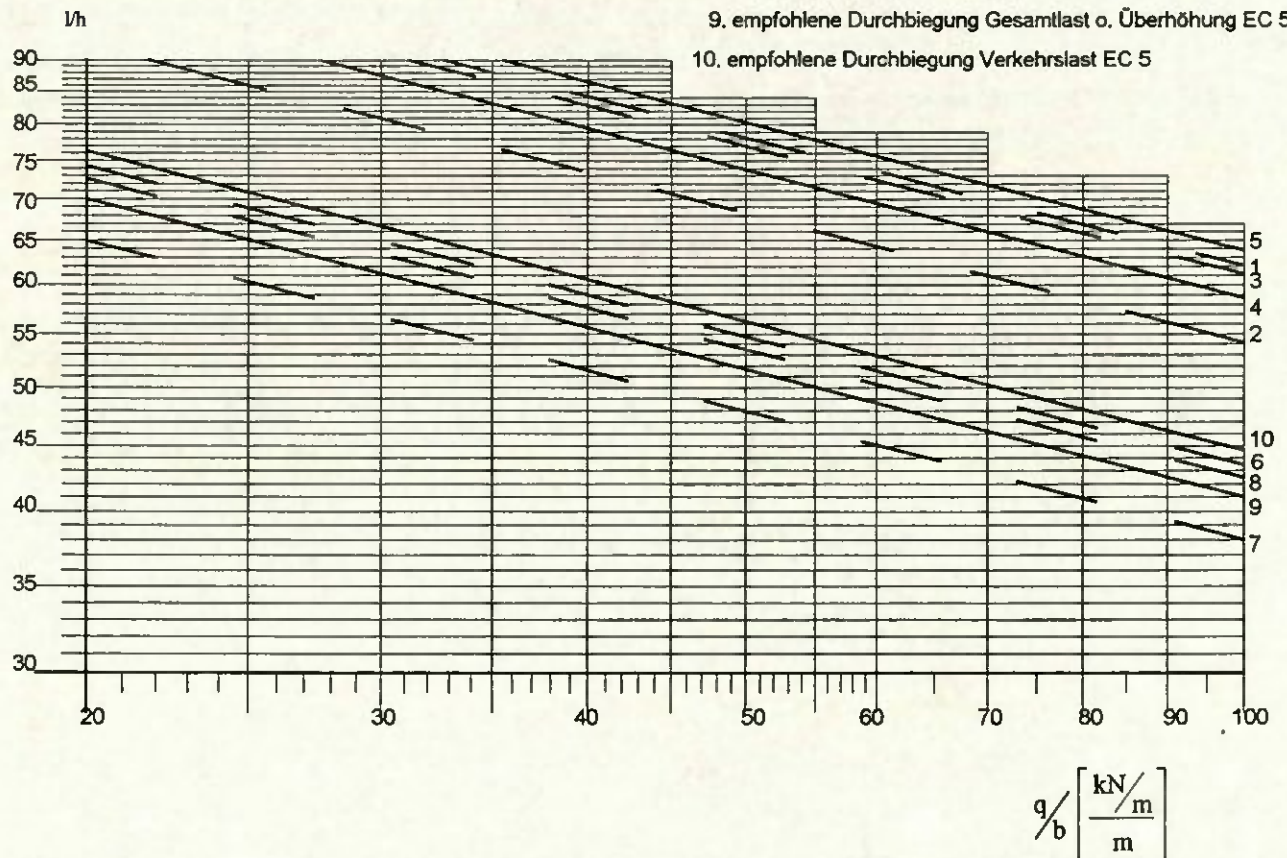
BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DIN EN 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,3$ ; Nutzungsklasse: 1



$$x = 0,1716 \cdot l$$



### Innenfeld

1. zul. Durchbiegung Gesamtlast m. Überhöhung DIN 1052
2. zul. Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung DIN 1052
3. zul. Durchbiegung Verkehrslast DIN 1052
4. empfohlene Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung EC 5
5. empfohlene Durchbiegung Verkehrslast EC 5

### Endfeld

6. zul. Durchbiegung Gesamtlast m. Überhöhung DIN 1052
7. zul. Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung DIN 1052
8. zul. Durchbiegung Verkehrslast DIN 1052
9. empfohlene Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung EC 5
10. empfohlene Durchbiegung Verkehrslast EC 5

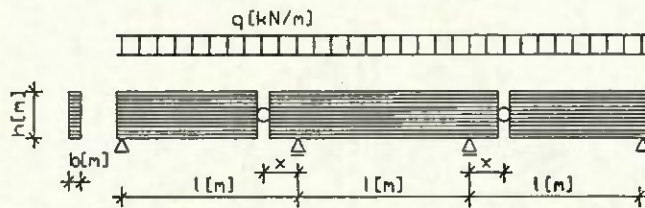
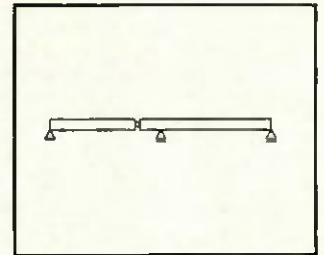
Bild 4.20.2: Diagramm zum Vergleich der Gebrauchstauglichkeitsnachweise

## 4.20 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DIN EN 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,3$ ; Nutzungsklasse: 1



$$x = 0,1250 \cdot l$$

Innenfeld

1. zul. Durchbiegung Gesamtlast m. Überhöhung DIN 1052
  2. zul. Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung DIN 1052
  3. zul. Durchbiegung Verkehrslast DIN 1052
  4. empfohlene Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung EC 5
  5. empfohlene Durchbiegung Verkehrslast EC 5
- Endfeld
6. zul. Durchbiegung Gesamtlast m. Überhöhung DIN 1052
  7. zul. Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung DIN 1052
  8. zul. Durchbiegung Verkehrslast DIN 1052
  9. empfohlene Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung EC 5
  10. empfohlene Durchbiegung Verkehrslast EC 5

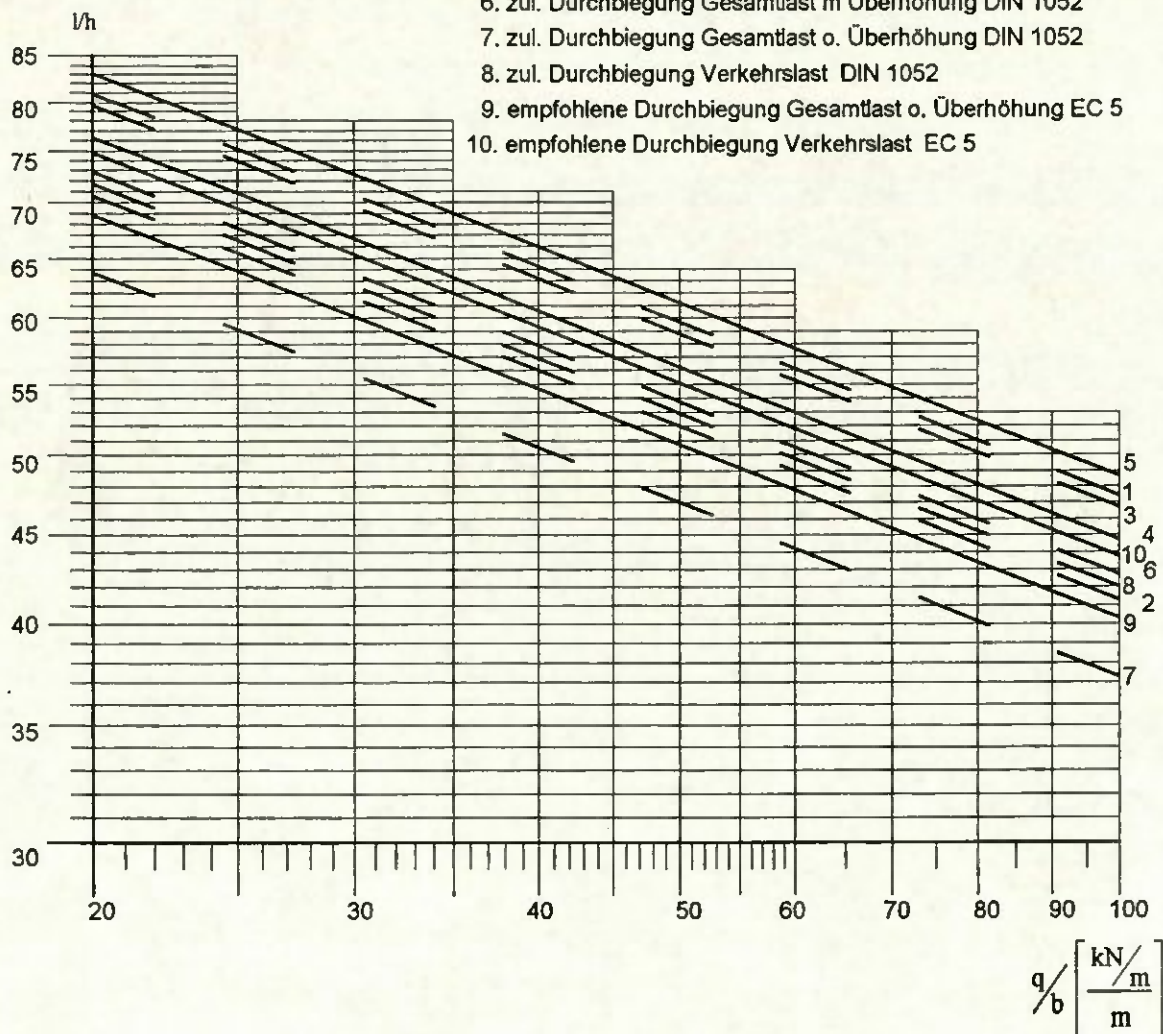


Bild 4.20.3: Diagramm zum Vergleich der Gebrauchstauglichkeitsnachweise

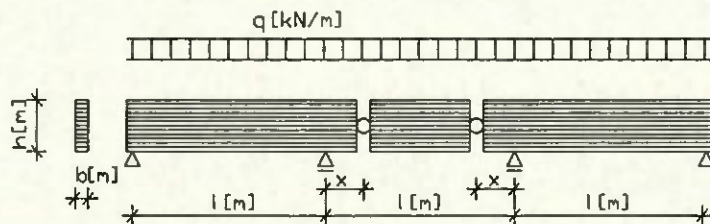
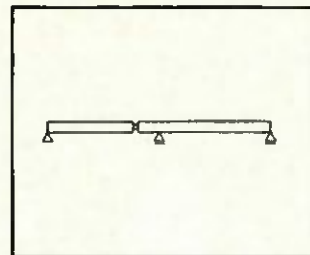


# 4.20 Gelenkträger

BS 11 (DIN 1052)/BS 12 (DINV ENV 1995-1-1)

Gebrauchstauglichkeitsnachweise

$g/q = 0,3$ ; Nutzungsklasse: 1



### Innenfeld

1. zul. Durchbiegung Gesamtlast m. Überhöhung DIN 1052
2. zul. Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung DIN 1052
3. zul. Durchbiegung Verkehrslast DIN 1052
4. empfohlene Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung EC 5
5. empfohlene Durchbiegung Verkehrslast EC 5

$x = 0,2200 \cdot l$

### Endfeld

6. zul. Durchbiegung Gesamtlast m. Überhöhung DIN 1052
7. zul. Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung DIN 1052
8. zul. Durchbiegung Verkehrslast DIN 1052
9. empfohlene Durchbiegung Gesamtlast o. Überhöhung EC 5
10. empfohlene Durchbiegung Verkehrslast EC 5

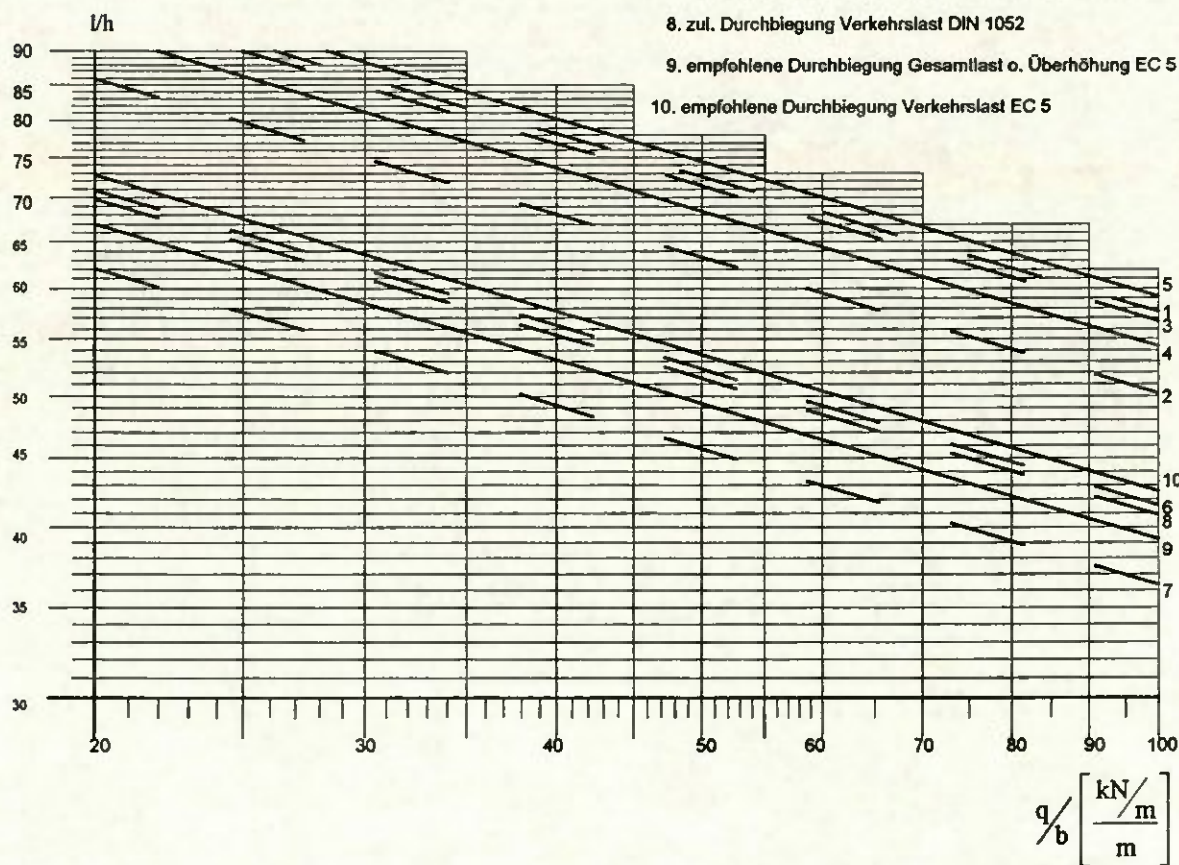
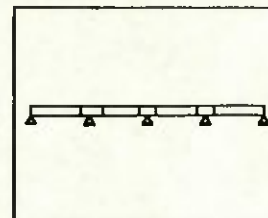


Bild 4.20.4: Diagramm zum Vergleich der Gebrauchstauglichkeitsnachweise

## 4.21 Koppelfetten

S10 / MS10



### Koppelfetten

#### Voraussetzungen

Statisches System: Durchlaufträger mit beliebig vielen gleichen Feldern, Schubspannung nicht ausgenutzt

DIN 1052

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Anwendungsbereich:** unter Dach,  $u \leq 18^\circ$   
**Baustoff:** Vollholz, Sortierklasse S10 / MS10  
**zulässige Spannungen:** zul  $\sigma_B = 10 \text{ MN/m}^2$

DIN EN 1995-1-1

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Nutzungs-kategorie:** 1 oder 2  
**Lasteinwirkungsdauer:** kurz  $\Rightarrow k_{mod} = 0,9$   
**Baustoff:** Vollholz, Sortierklasse S10 / MS10  
**charakteristische Festigkeiten:**  $f_{m,k} = 24 \text{ MN/m}^2$

#### Bezeichnungen:

$l$  = Stützweite des Trägers  
 $h$  = Höhe des Rechteckquerschnittes  
 $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes  
 $q$  =  $g+s$  = gleichmäßig verteilte lotrechte Belastung  
 $g$  = Eigengewicht  
 $s$  = Schnee  
 $\alpha$  = Dachneigung

#### Nachweis der Tragsicherheit

#### Rechenwerte der Biegespannung

$$\sigma_y = \frac{k \cdot q \cdot \cos \alpha \cdot l^2 \cdot 6}{h^2 \cdot b}$$

$$\sigma_z = \frac{k \cdot q \cdot \sin \alpha \cdot l^2 \cdot 6}{h^2 \cdot b}$$

Innenfelder  $k = 0,045$   
 Endfelder  $k = 0,078$

#### Forderung:

$$\frac{\sigma_y + \sigma_z}{\text{zul } \sigma_B} \leq 1,0$$

#### Bezeichnungen:

$l$  = Stützweite des Trägers  
 $h$  = Höhe des Rechteckquerschnittes  
 $b$  = Breite des Rechteckquerschnittes  
 $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$   
 $G$  = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$   
 $Q$  = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$   
 $\alpha$  = Dachneigung

#### Nachweis der Tragsicherheit

#### Bemessungswerte der Biegespannungen:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{k \cdot q_d \cdot \cos \alpha \cdot l^2 \cdot 6}{h^2 \cdot b}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{k \cdot q_d \cdot \sin \alpha \cdot l^2 \cdot 6}{h^2 \cdot b}$$

Innenfelder  $k = 0,045$   
 Endfelder  $k = 0,078$

#### Bemessungswert der Biegefestigkeit:

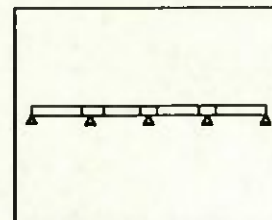
$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} \quad \gamma_M = 1,3$$

#### Forderungen:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} &\leq 1,0 \\ k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} &\leq 1,0 \end{aligned} \right\} k_m = 0,7$$

## 4.21 Koppelpfetten

S10 / MS10



Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

Rechenwert der Durchbiegung

$$f_{y,z} = k \cdot \frac{q_{y,z} \cdot l^4}{E \cdot I_{x,y}} \cdot (1 + \varphi)$$

Innenfeld  $k = 0,003$   
Endfeld  $k = 0,0065$

$$f_{ges} = \sqrt{f_y^2 + f_z^2}$$

$$f_{ges} \leq \frac{l}{200}$$

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

Bemessungswert der Durchbiegung:

$$u_{2,inst,y,z} = k \cdot \frac{s_{y,x} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_{x,y}}$$

$$u_{net,fin,y,x} = k \cdot \frac{(s_{y,x} + g_{y,x} \cdot (1 + k_{def})) \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_{x,y}}$$

Innenfeld  $k = 0,003$   
Endfeld  $k = 0,0065$

$$u_{2,inst} = \sqrt{(u_{2,inst,y})^2 + (u_{2,inst,z})^2}$$

$$u_{net,fin} = \sqrt{(u_{net,fin,y})^2 + (u_{net,fin,z})^2}$$

$$u_{2,inst} \leq \frac{l}{300}$$

$$u_{net,fin} \leq \frac{l}{200}$$

**Hinweise zu dem Diagramm:** Bei den in DINV ENV 1995-1-1 genannten Grenzen für die Durchbiegung handelt es sich um Empfehlungen. Der in DINV ENV 1995-1-1 enthaltene Höhenfaktor  $k_h$  zur Erhöhung der Biege- bzw. Zugfestigkeit von Vollholzquerschnitten mit weniger als 150 mm Höhe wird zu  $k_h = 1$  gesetzt. Als Abszissenwert ist auch bei den Kurven nach DINV ENV 1995-1-1  $q$  (nicht  $q_d$ ) einzusetzen.

**Anmerkung:**

Aus den folgenden Diagrammen kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  von Koppelpfetten bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind gegebene oder angenommene Grenzen der Durchbiegung sowie die Rechenwerte der Schub- und Biegefestigkeit. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen. Bei Verwendung von Linien, denen die gleiche Belastung zugeordnet ist, ergibt die höher gelegene den wirtschaftlicheren Querschnitt. Die Nachweise der Tragfähigkeit sind nach dem EC 5 wirtschaftlicher als nach DIN 1052. Das liegt vor allem an dem dort angebotenen Bemessungsverfahren, das bei Doppelbiegung die Abminderung eines Momentenanteils mit dem Faktor 0,7 gestattet. Für praxisnahe Fälle sind sehr oft die Durchbiegungen für die Bemessung bestimmend. Hier führt die Rechnung nach dem EC 5 zu größeren Dimensionen, da bereits für auch geringe Eigenlasten Langzeitverformungen (Kriechen) angenommen werden. Hier ergeben sich besonders hohe Verformungen in der Nutzungsklasse 2 sowie bei Einbau halbtrockenen Holzes. Die Verformungsgrenzen stellen zwar nur empfohlene Werte dar. Dies verpflichtet den Tragwerksplaner besonders, im Einzelfalle zu prüfen, ob die von ihm errechneten Verformungen der Bauteile die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerkes nicht beeinträchtigen



## 4.21 Koppelfetten

S10 / MS10

$g/q = 0,50$ ;  $h/b = 2$ ; Nutzungsklasse: 1;  $\alpha = 30^\circ$

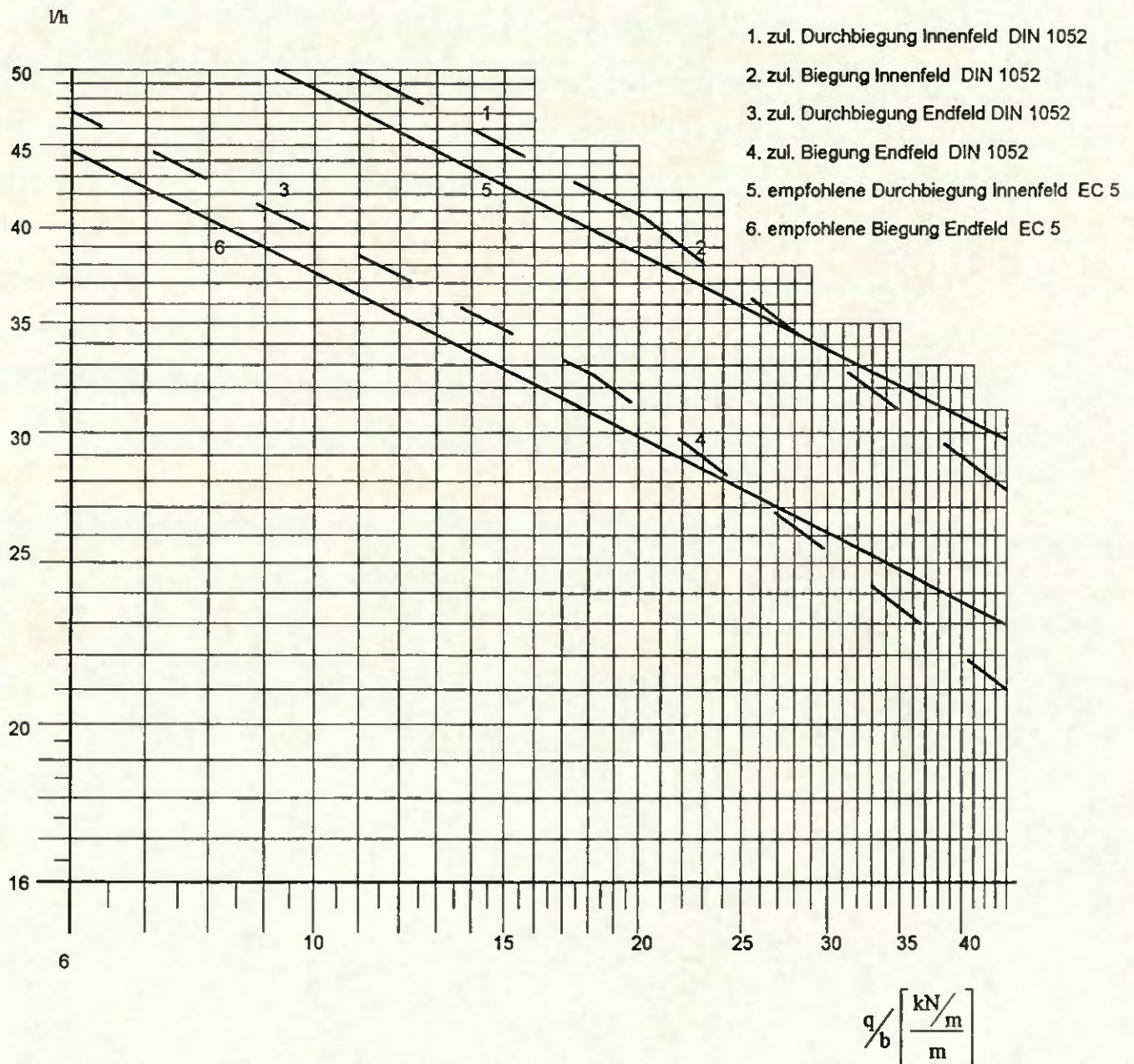
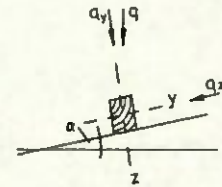
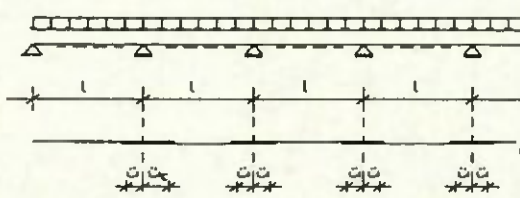
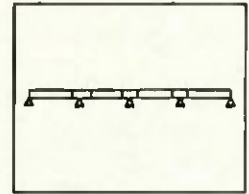
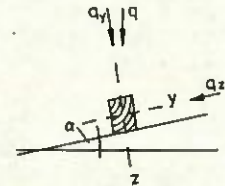
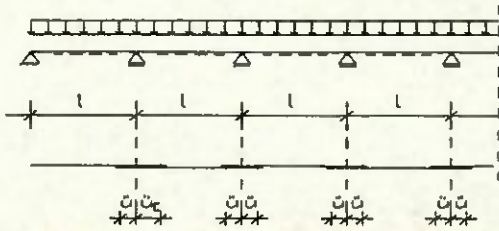
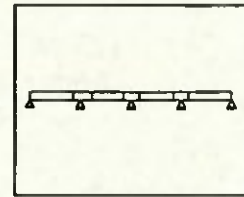


Bild 4.21.1: Diagramm zum Vergleich der Nachweise (Durchbiegung unter Gesamtlast ohne Überhöhung)

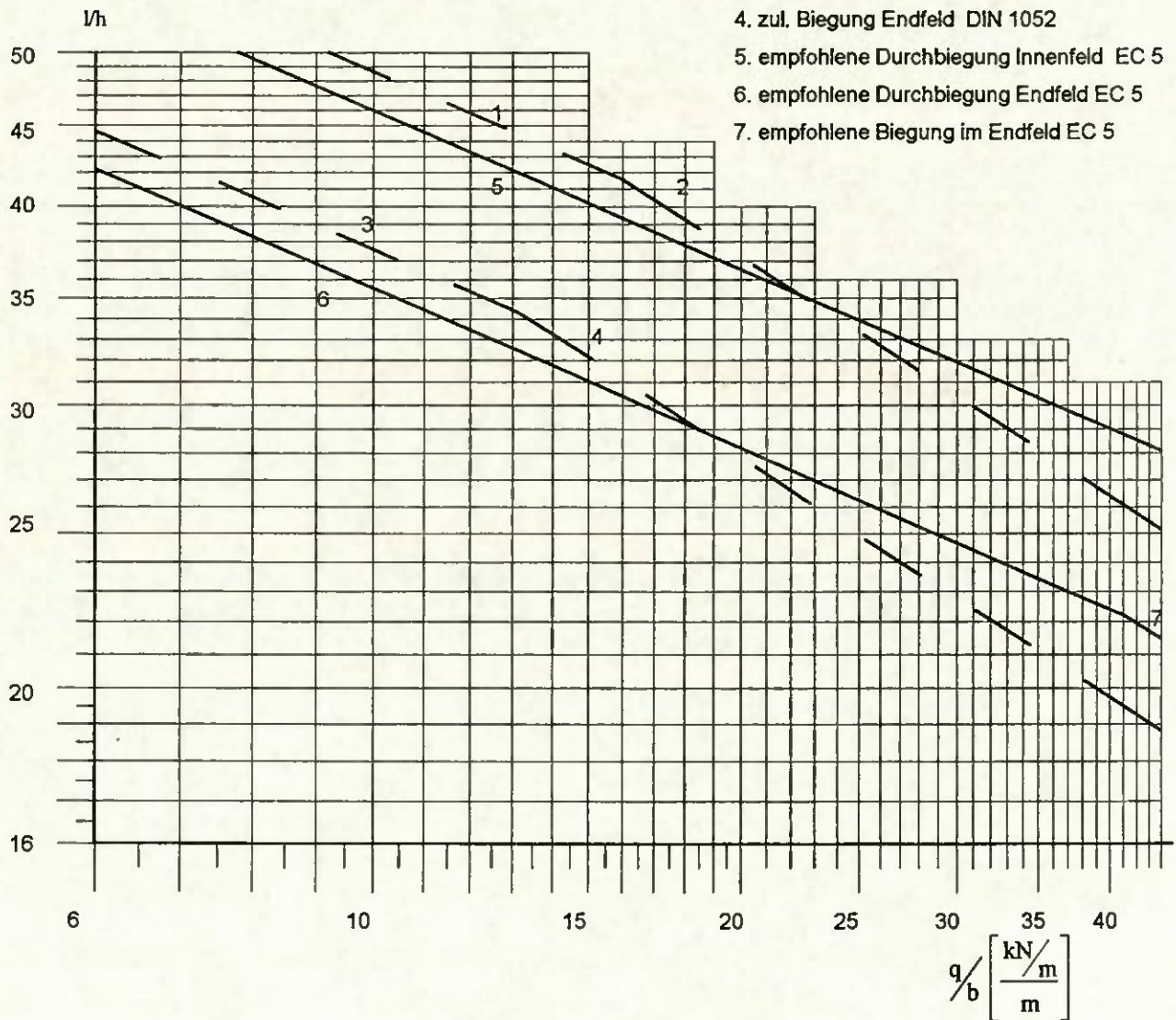
# 4.21 Koppelfetten

S10 / MS10

$g/q = 0,50$ ;  $h/b = 2$ ; Nutzungsklasse: 1;  $\alpha = 10^\circ$



- 1. zul. Durchbiegung Innenfeld DIN 1052
- 2. zul. Biegung Innenfeld DIN 1052
- 3. zul. Durchbiegung Endfeld DIN 1052
- 4. zul. Biegung Endfeld DIN 1052
- 5. empfohlene Durchbiegung Innenfeld EC 5
- 6. empfohlene Durchbiegung Endfeld EC 5
- 7. empfohlene Biegung im Endfeld EC 5

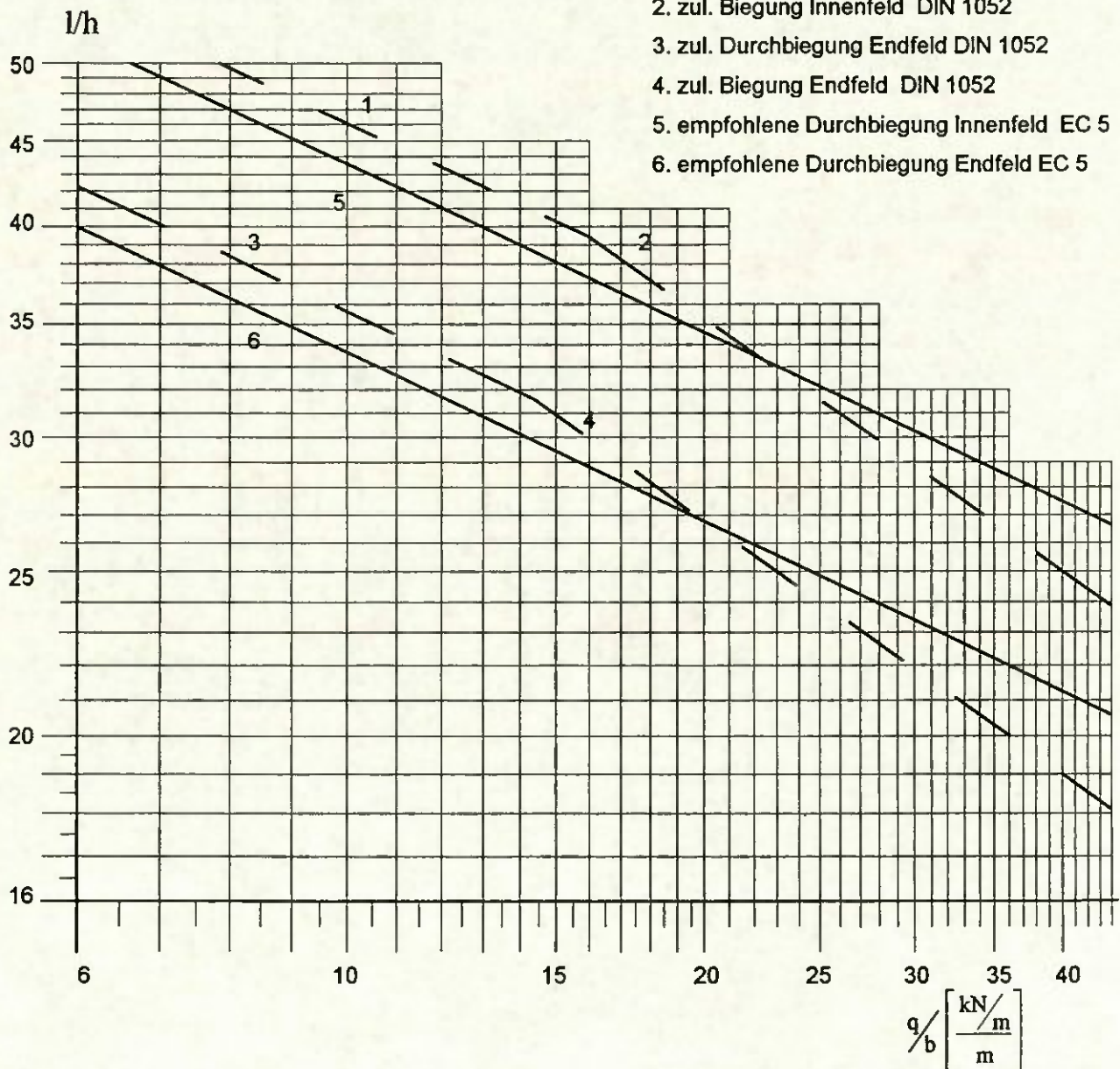
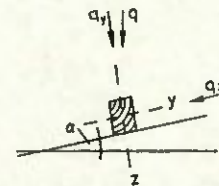
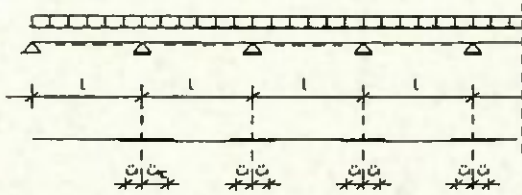
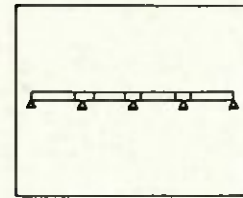


**Bild 4.21.2:** Diagramm zum Vergleich der Nachweise (Durchbiegung unter Gesamlast ohne Überhöhung)

## 4.21 Koppelfetten

S10 / MS10

$g/q = 0,50$ ;  $h/b = 2$ ; Nutzungsklasse: 1;  $\alpha = 15^\circ$



**Bild 4.21.3:** Diagramm zum Vergleich der Nachweise (Durchbiegung unter Gesamtlast ohne Überhöhung)



# 4.21 Koppelpfetten

S10 / MS10

$g/q = 0,50$ ;  $h/b = 2$ ; Nutzungsklasse: 2;  $\alpha = 15^\circ$

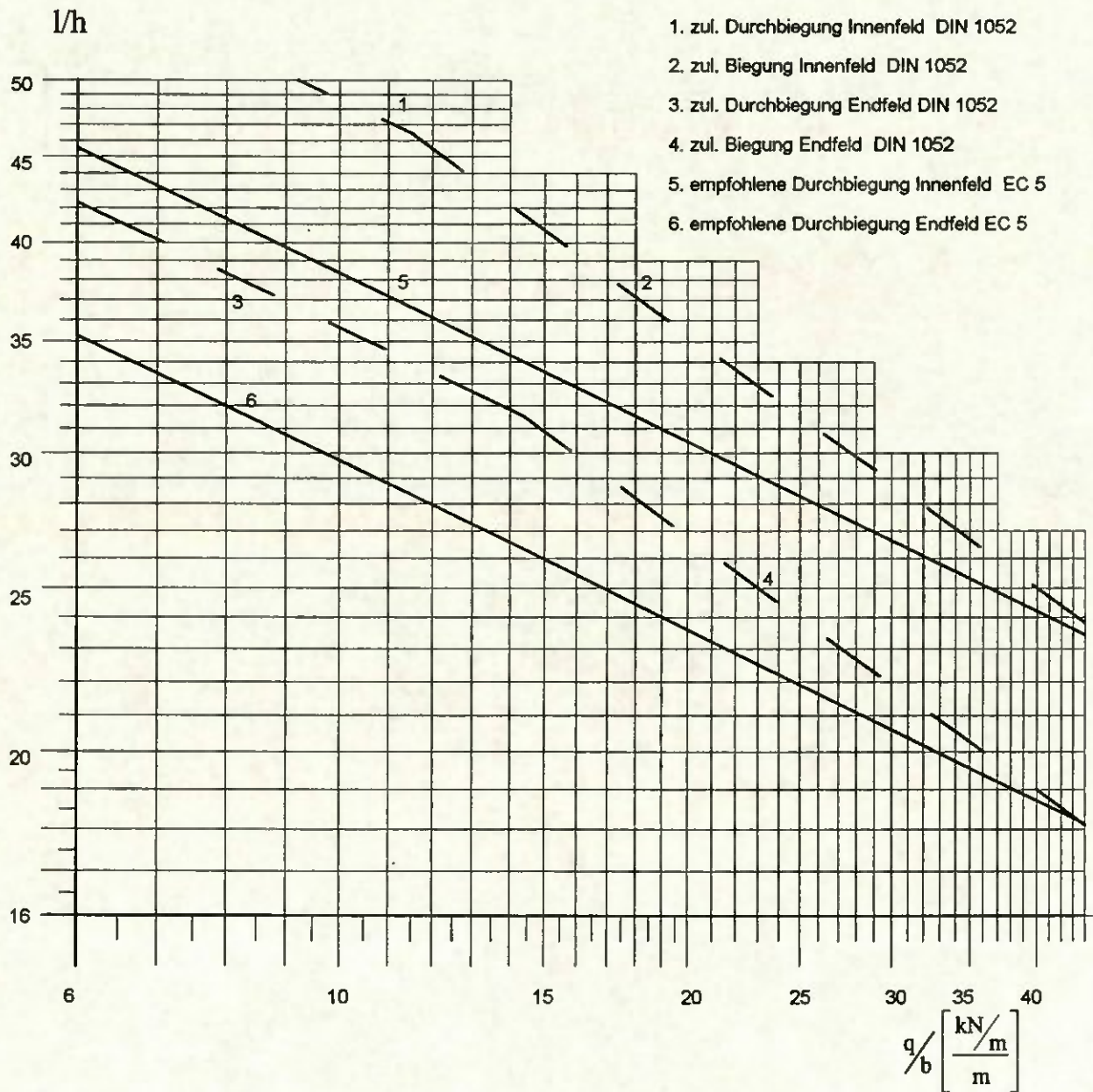
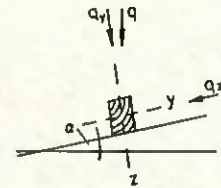
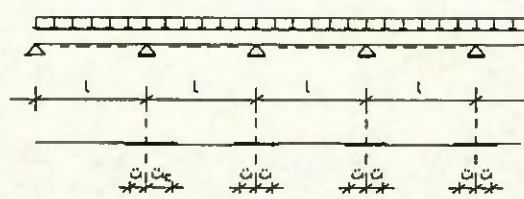
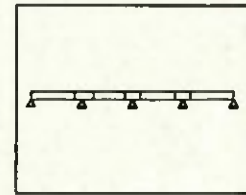


Bild 4.21.4: Diagramm zum Vergleich der Nachweise (Durchbiegung unter Gesamtlast ohne Überhöhung)

## 4.21 Koppelfetten

S10 / MS10

$g/q = 0,30$ ;  $h/b = 2$ ; Nutzungsklasse: 1;  $\alpha = 15^\circ$

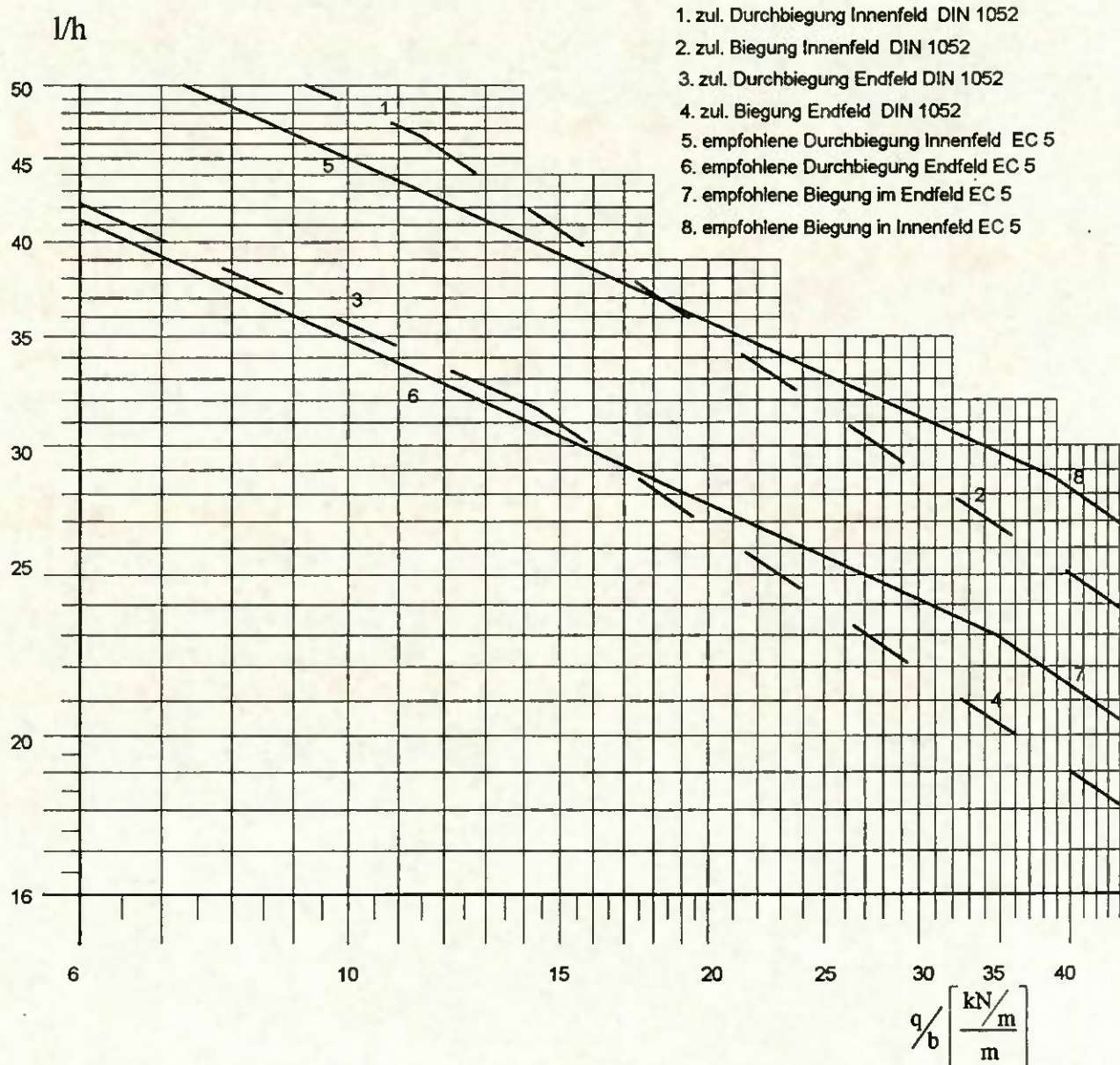
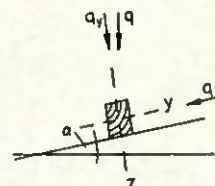
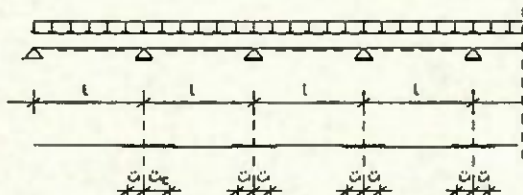
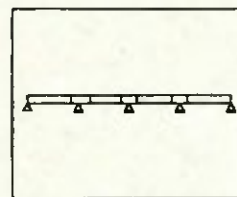
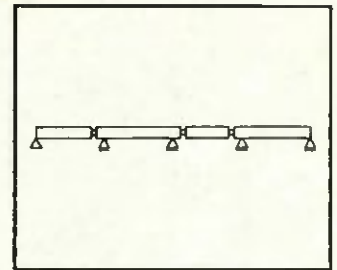


Bild 4.21.5: Diagramm zum Vergleich der Nachweise (Durchbiegung unter Gesamtlast ohne Überhöhung)

# 4.22 Gelenkpfetten

S10/MS10

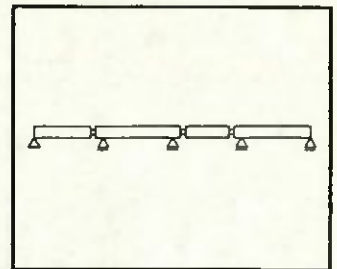


Gelenkpfetten				
Voraussetzungen				
Statisches System: Gelenkträger, Gelenkabstand siehe nachfolgende Tabelle; Dachneigung bis 15°				
Felder	System	Gelenkabstand	Endfelder Kurvenschar	Innenfelder Kurvenschar
3		$x_1 = 0,1250 \cdot l$ $x_2 = 0,1465 \cdot l$  $l_1 = 0,8535 \cdot l$	B	A
gerade Felderzahl 4 oder mehr			B	A
ungerade Felderzahl, 5 oder mehr			B	A
ungerade Felderzahl, 5 oder mehr			B	A
beliebige Felderzahl mit verkleinerten Endfeldern, 3 oder mehr			A	A
DIN 1052		DIN EN 1995-1-1		
Belastung: Gleichlast, Eigengewicht und Schnee Anwendungsbereich: unter Dach, $u \leq 18^\circ$		Einwirkungen: Gleichlast, Eigengewicht und Schnee Nutzungs-kategorie: 1 oder 2 Lasteinwirkungsdauer: kurz $\Rightarrow k_{mod} = 0,9$		



## 4.22 Gelenkpfetten

S10/MS10



**Baustoff:** Vollholz, Sortierklasse S10 / MS10  
**zulässige Spannungen:** zul  $\sigma_b = 10 \text{ MN/m}$

### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- $x_1$  = Lage des Gelenkes
- q = g+s = gleichmäßig verteilte lotrechte Belastung
  - g = Eigengewicht
  - s = Schnee
- $\alpha$  = Dachneigung
- $\varphi$  = Kriechbeiwert

**Elastizitätsmodul:** E = 10000 MN/m<sup>2</sup>

### Nachweis der Tragsicherheit

#### Rechenwerte der Biegespannung

$$q_x = q \cdot \cos \alpha \quad q_y = q \cdot \sin \alpha$$

$$\max M_{y,x} = k \cdot q_{x,y} \cdot l^2$$

	$M_{Stütz}$	$M_{Feld}$
k für Kurvenschar A	-0,0625	0,0625
k für Kurvenschar B	-0,0625	0,0957

$$\sigma_{y,z} = \frac{\max M_{y,x} \cdot 6}{h^2 \cdot b}$$

**Baustoff:** Vollholz, Sortierklasse S10 / MS10  
**charakteristische Festigkeiten:**  $f_{m,k} = 24 \text{ MN/m}^2$

### Bezeichnungen:

- l = Stützweite des Trägers
- h = Höhe des Rechteckquerschnittes
- b = Breite des Rechteckquerschnittes
- $x_1$  = Lage des Gelenkes
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$ 
  - G = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
  - Q = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$
- $\alpha$  = Dachneigung

### Mittelwert des Elastizitätsmoduls:

$$E_{0,mean,g} = 11000 \text{ MN/m}^2$$

### Beiwerte $k_{def}$ der Durchbiegung:

- ständige Last, Nutzungsklasse 1:  $k_{def} = 0,60$
- ständige Last, Nutzungsklasse 1:  $k_{def} = 0,80$
- Träger mit Einbaufeuchte nahe des Fasersättigungspunktes:
  - ständige Last, Nutzungsklasse 1:  $k_{def} = 0,60$
  - ständige Last, Nutzungsklasse 1:  $k_{def} = 0,80$

### Nachweis der Tragsicherheit

#### Bemessungswerte der Biegespannungen:

$$q_x = q \cdot \cos \alpha \quad q_y = q \cdot \sin \alpha$$

$$g_x = g \cdot \cos \alpha \quad g_y = g \cdot \sin \alpha$$

$$s_x = s \cdot \cos \alpha \quad s_y = s \cdot \sin \alpha$$

$$\max M_{y,z,d} = k \cdot q_{x,y} \cdot l^2$$

	$M_{Stütz}$	$M_{Feld}$
k für Kurvenschar A	-0,0625	0,0625
k für Kurvenschar B	-0,0625	0,0957

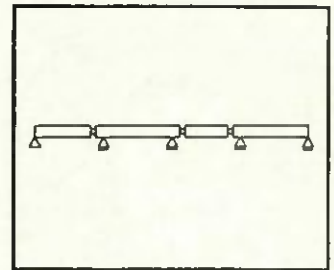
$$\sigma_{m,y,z,d} = \frac{\max M_{y,z,d} \cdot 6}{h^2 \cdot b}$$

### Bemessungswert der Biegefestigkeit:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}; \quad \gamma_M = 1,3$$

## 4.22 Gelenkpfetten

S10/MS10



**Forderung:**

$$\frac{\sigma_y + \sigma_z}{\text{zul } \sigma_b} \leq 1,0$$

**Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:**

**Rechenwert der Durchbiegung**

$$f_{y,z} = k \cdot \frac{q_{y,z} \cdot l^4}{E \cdot I_{x,y}} \cdot (1 + \varphi)$$

$$\text{für } \frac{g}{q} \geq 0,5 \Rightarrow \eta_k = \frac{3}{2} - \frac{g}{q} \Rightarrow \varphi = \frac{1}{\eta_k} - 1$$

$M_{\text{Stütz}}$

k für Kurvenschar A 0,0052

k für Kurvenschar B -0,0091

$$f_{\text{ges}} = \sqrt{f_y^2 + f_z^2}$$

$$f_{\text{ges}} \leq \frac{1}{200}$$

**Forderungen:**

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} &\leq 1,0 \\ \wedge k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} &\leq 1,0 \end{aligned} \right\} k_m = 0,7$$

**Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:**

**Bemessungswert der Durchbiegung:**

$$u_{2,\text{inst},y,z} = k \cdot \frac{s_{y,z} \cdot l^4}{E_{0,\text{mem}} \cdot I_{x,y}}$$

$$u_{\text{net},\text{fry},y,z} = k \cdot \frac{(s_{y,z} + g_{y,z} \cdot (1 + k_{\text{def}})) \cdot l^4}{E_{0,\text{mem}} \cdot I_{x,y}}$$

$M_{\text{Stütz}}$

k für Kurvenschar A -0,0052

k für Kurvenschar B -0,0091

$$u_{2,\text{inst}} = \sqrt{(u_{2,\text{inst},y})^2 + (u_{2,\text{inst},z})^2}$$

$$u_{\text{net},\text{fn}} = \sqrt{(u_{\text{net},\text{fn},y})^2 + (u_{\text{net},\text{fn},z})^2}$$

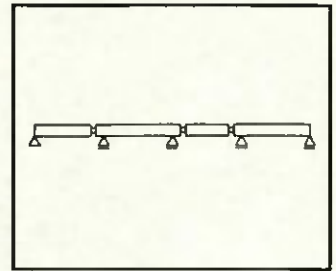
$$u_{2,\text{inst}} \leq \frac{1}{300}$$

$$u_{\text{net},\text{fn}} \leq \frac{1}{200}$$

**Hinweise zu dem Diagramm:** Bei den in DINV ENV 1995-1-1 genannten Grenzen für die Durchbiegung handelt es sich um Empfehlungen. Der in DINV ENV 1995-1-1 enthaltene Beiwert  $k_b$  zur Erhöhung der Biege- bzw. Zugfestigkeit von Vollholzquerschnitten mit einer Höhe niedriger als 150 mm wird im NAD zu 1,0 gesetzt. Als Abszissenwert ist auch bei den Kurven nach DINV ENV 1995-1-1  $q$  ( nicht  $q_d$  ) einzusetzen.

## 4.22 Gelenkpfetten

S10/MS10



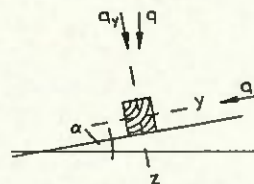
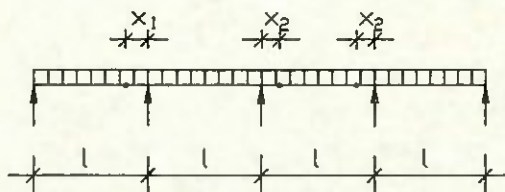
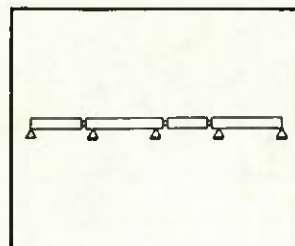
Aus dem folgenden Diagramm kann bei gegebener Stützweite und Lasteinwirkung die statisch erforderliche Trägerhöhe  $h$  von Gelenkpfetten bei Annahme einer Trägerbreite  $b$  abgelesen werden. Für die Bemessung maßgebend sind gegebene oder angenommene Grenzen der Durchbiegung sowie die Rechenwerte der Schub- und Biegefestigkeit. Für eine Dimensionierung nach dem EC 5 ist die Belastung ohne Laststeigerungsfaktor einzusetzen.

Bei Verwendung von Linien, denen die gleiche Belastung zugeordnet ist, ergibt die höher gelegene den wirtschaftlicheren Querschnitt. Die Nachweise der Tragfähigkeit sind nach dem EC 5 wirtschaftlicher als nach DIN 1052. Das liegt vor allem an dem dort angebotenen Bemessungsverfahren, das bei Doppelbiegung die Abminderung eines Momentenanteils mit dem Faktor 0,7 gestattet. Für praxisnahe Fälle sind sehr oft die Durchbiegungen für die Bemessung bestimmend. Hier führt die Rechnung nach dem EC 5 zu größeren Dimensionen, da bereits für auch geringe Eigenlasten Langzeitverformungen (Kriechen) angenommen werden. Hier ergeben sich besonders hohe Verformungen in der Nutzungsklasse 2 sowie bei Einbau halbtrockenen Holzes. Die Verformungsgrenzen stellen zwar nur empfohlene Werte dar. Dies verpflichtet den Tragwerksplaner besonders, im Einzelfalle zu prüfen, ob die von ihm errechneten Verformungen der Bauteile die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerkes nicht beeinträchtigen

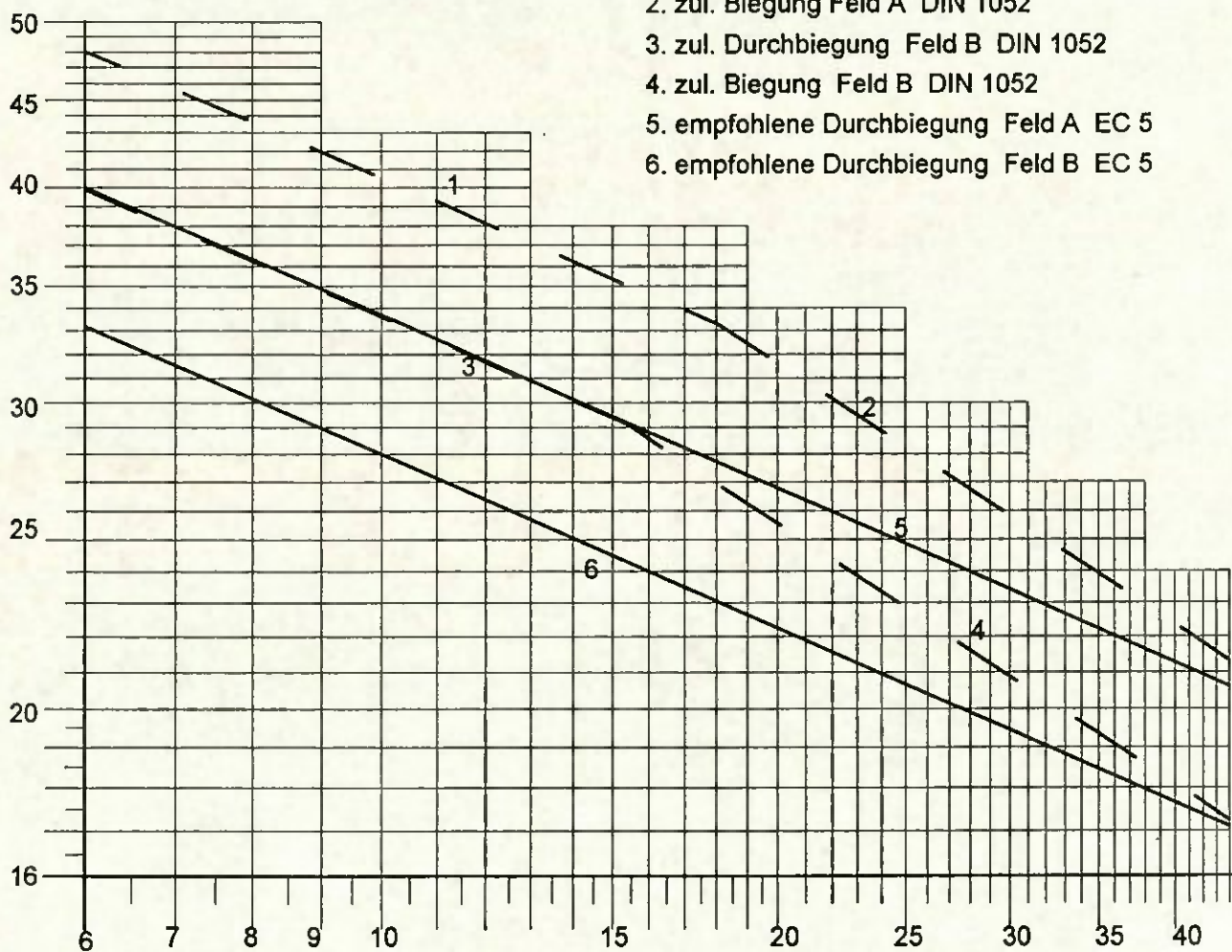


# 4.22 Gelenkpfetten

S10/MS10



- 1. zul. Durchbiegung Feld A DIN 1052
- 2. zul. Biegung Feld A DIN 1052
- 3. zul. Durchbiegung Feld B DIN 1052
- 4. zul. Biegung Feld B DIN 1052
- 5. empfohlene Durchbiegung Feld A EC 5
- 6. empfohlene Durchbiegung Feld B EC 5

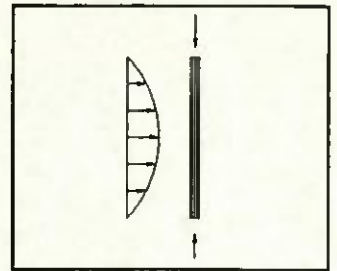


$$q/b \left[ \frac{\text{kN/m}}{\text{m}} \right]$$

Bild 4.22: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise

## 4.23 Druck und Biegung

Tragfähigkeitsnachweise nach Theorie II. Ordnung



### Druckglied mit Biegung gerade Form, Rechteckquerschnitt

Voraussetzungen  
Statisches System: Enden gelenkig gehalten

DIN 1052

DIN V ENV 1995-1-1

Belastung: konstante Längskraft, sinusförmiges Biegemoment

Einwirkungen: konstante Längskraft, sinusförmiges Biegemoment

Anwendungsbereich: unter Dach

Nutzungsklasse: 1 oder 2  
 $\Rightarrow k_{\text{mod}} = 0,9$

Baustoff: Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS14  
Sortierklasse S13

Lasteinwirkungsdauer: kurz  
Baustoff: Brettschichtholz, Festigkeitsklasse BS 14  
Sortierklasse S13

Imperfektionen: sinusförmige Vorkrümmung,  
Größtwert  $e = 0,0173 \cdot l$

Imperfektionen: sinusförmige Vorkrümmung,  
Größtwert  $e = 0,003 \cdot l$

Bezeichnungen:

$l$  = Länge des Bauteiles  
 $N$  = Längskraft  
 $M$  = Moment aus sinusförmiger Querlast  
 $M^{\text{II}}$  = Moment nach Theorie II. Ordnung  
 $\gamma_1 = 2,0$  Lasterhöhungsbeiwert

Bezeichnungen:

$l$  = Länge des Bauteiles  
 $N$  = Längskraft  
 $M$  = Moment aus sinusförmiger Querlast  
 $\gamma_{\text{plab}} = \frac{\gamma_F \cdot \gamma_M}{k_{\text{mod}}}$

mit  $M^{\text{II}} = \frac{M + e \cdot N}{1 - \frac{N}{N_{\text{crit}}}}$  und  $N_{\text{crit}}$  = Knicklast nach Euler

mit  $M^{\text{II}} = \frac{M + e \cdot N}{1 - \frac{N}{N_{\text{crit}}}}$  und  $N_{\text{crit}}$  = Knicklast nach

Nachweis:

$$\frac{\gamma_1 \cdot \frac{N}{A}}{\text{zul } \sigma_{\text{DII}}} + \frac{\frac{M^{\text{II}}}{W}}{\text{zul } \sigma_{\text{B}}} \leq 1 \quad (M^{\text{II}} \text{ unter } \gamma_1 \text{-facher Belastung)}$$

Euler

Nachweis:

$$\frac{\frac{N}{A}}{f_{\text{c},0,d}} + \frac{\frac{M^{\text{II}}}{W}}{f_{\text{m},d}} \leq 1 \quad (M^{\text{II}} \text{ unter } \gamma_{\text{plab}} \text{-facher Belastung)}$$

nach Verformung  $\Rightarrow$

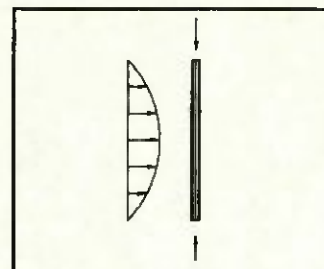
$$\frac{\sigma_{\text{DII}}}{\text{zul } \sigma_{\text{DII}}} \cdot \left\{ 1 + \frac{\text{zul } \sigma_{\text{DII}}}{\text{zul } \sigma_{\text{B}}} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot \lambda \cdot \sum \frac{e}{l}}{1 - \frac{\gamma_1 \cdot \sigma_{\text{DII}}}{\text{zul } \sigma_{\text{DII}}} \cdot \frac{\text{zul } \sigma_{\text{DII}} \cdot \lambda}{\pi^2 \cdot E}} \right\}$$

nach Verformung  $\Rightarrow$

$$\frac{\sigma_{\text{c},0,d}}{f_{\text{c},0,d}} \cdot \left\{ 1 + \frac{f_{\text{c},0,d}}{f_{\text{m},d}} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot \lambda \cdot \sum \frac{e}{l}}{1 - \frac{\sigma_{\text{c},0,d}}{f_{\text{c},0,d}} \cdot \frac{f_{\text{c},0,d} \cdot \lambda}{\pi^2 \cdot E_{0,05}} \cdot \frac{f_{\text{m},k}}{f_{\text{m},d}}} \right\}$$

## 4.23 Druck und Biegung

Tragfähigkeitsnachweise nach Theorie II. Ordnung



mit:  $\sum_1 \frac{e}{1} = \frac{M}{N \cdot 1} + \frac{e}{1}$   
auf die Bauteillänge bezogene Imperfektion und  
Momentenausmitte

mit:  $\sum_1 \frac{e}{1} = \frac{M}{N \cdot 1} + \frac{e}{1}$   
auf die Bauteillänge bezogene Imperfektion und  
Momentenausmitte

### Anmerkungen:

Ein einfacher Stab mit Längskraft und Querbiegung wird unter Berücksichtigung der sich einstellenden Verformungen nach der Spannungstheorie II. Ordnung untersucht. Die Ergebnisse für die Schlankheitsgrade  $\lambda = 50$  und  $\lambda = 100$  sind in den folgenden Diagrammen dargestellt. Die Ausnutzungsgrade der Spannung sind in diesem Beispiel bei einer Rechnung nach DIN 1052 größer als nach dem EC 5.

Im allgemeinen sind bei üblichen Lastkombinationen die Laststeigerungsfaktoren,  $\gamma_1 = 2,0$  nach DIN 1052, global zusammengefaßt nach dem EC 5 größer als nach deutscher Vorschrift. Ferner ist für BS 14 die 5%-Fraktile des Elastizitätsmoduls nach dem EC 5 kleiner als der Rechenwert nach DIN 1052. Diesem wirkt eine höherer Wert für die Druckfestigkeit nach dem EC 5 entgegen.

Bei der Untersuchung anderer Festigkeitsklassen können auch tendenziell andere Ergebnisse erwartet werden. Allerdings werden sich bei hinreichend stabilen Tragsystemen keine großen Unterschiede ergeben.



## 4.23 Druckglied mit Biegung

-Bemessung unter Berücksichtigung der Biegung-  
 BS 14  
 $g/q = 0,5$  ;Nutzungs-kategorie: 1 oder 2  
 Schlankheit  $\lambda = 100$

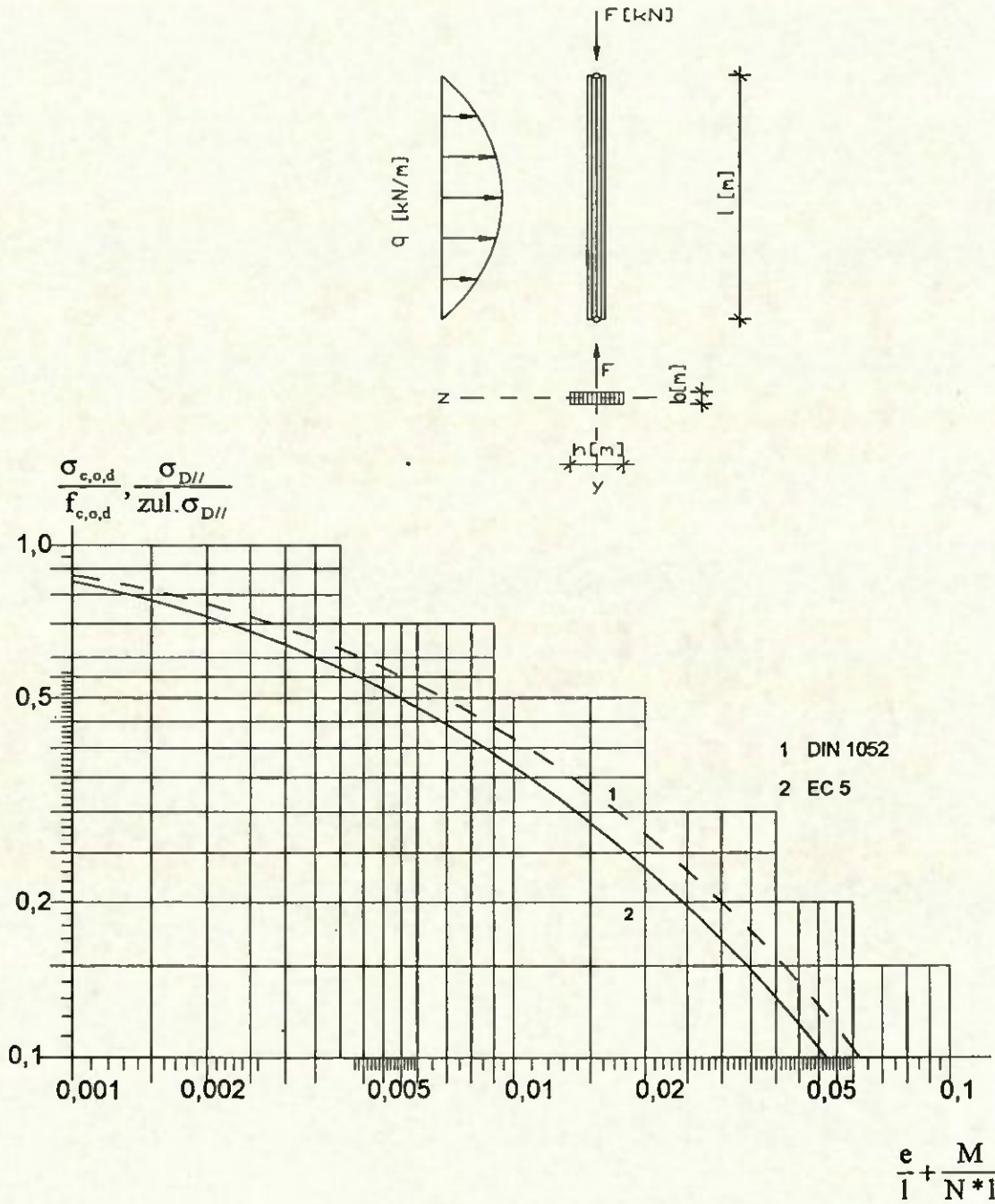
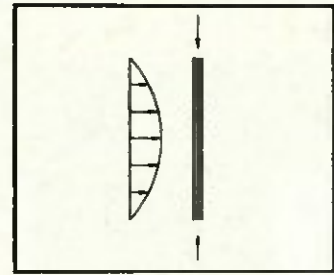


Bild 4.23.1: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise

## 4.23 Druckglied mit Biegung

-Bemessung unter Berücksichtigung der Biegung-

BS 14

$g/q = 0,5$  ;Nutzungs-kategorie: 1 oder 2

Schlankheit  $\lambda = 50$

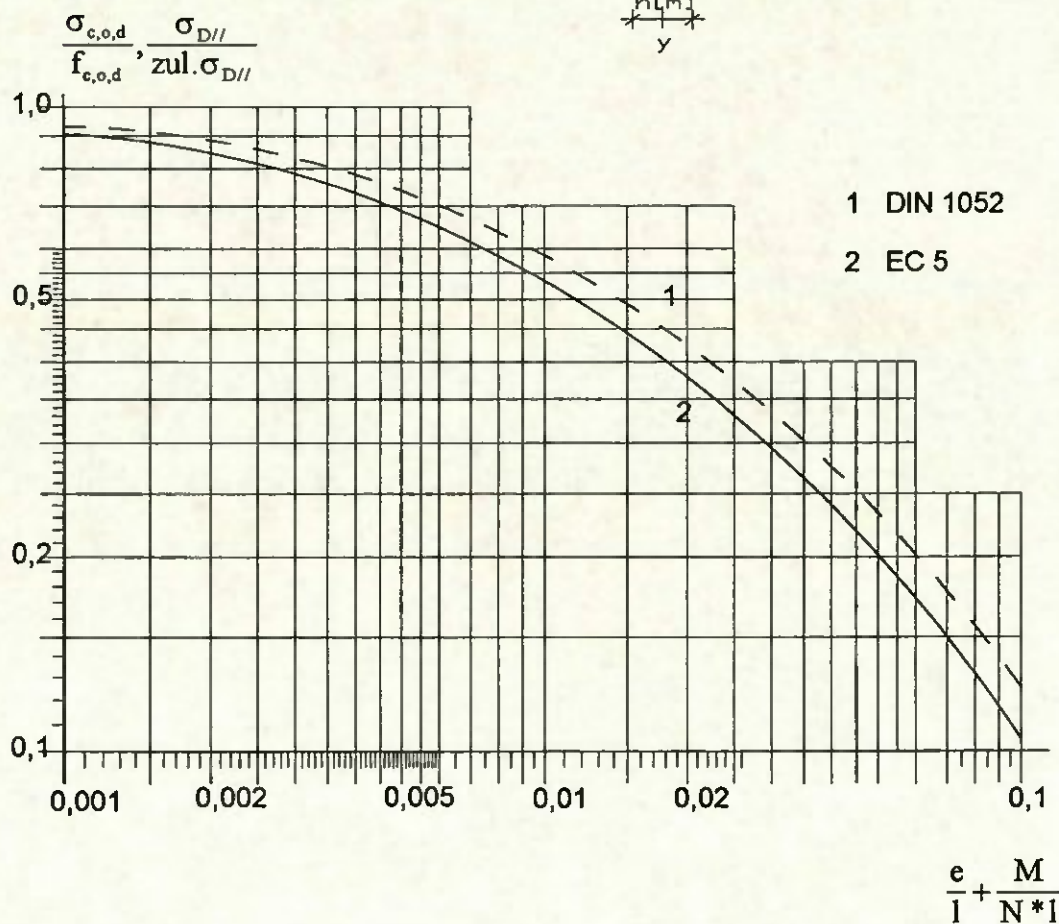
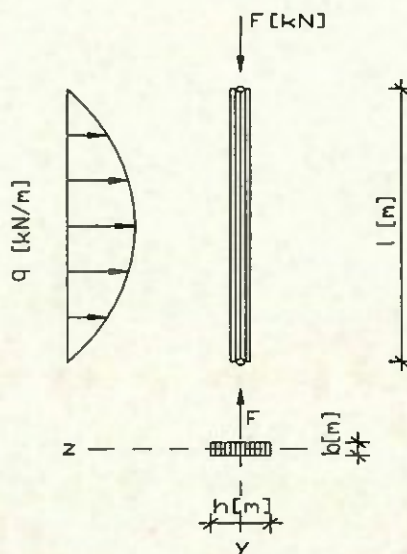
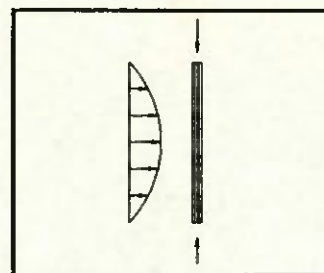
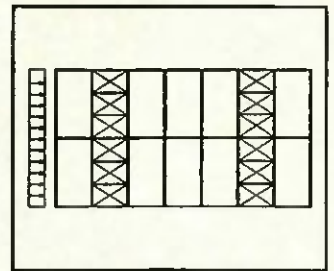


Bild 4.23.2: Diagramm zum Vergleich der Tragsicherheitsnachweise

## 4.24 Seitenlasten

für Biegeträger mit Rechteckquerschnitten



### Seitenlasten zur Berechnung von Aussteifungsverbänden

#### Voraussetzungen:

Die Dachbinder sind Träger auf zwei Stützen unter Gleichlast mit der Stützweite  $l$  und einem Abstand  $e$  der Binder zueinander. Die Seitenlasten verteilen sich über die druck- und zugfest angeschlossenen Pfetten auf die vorhandenen Dachverbände.

DIN 1052

DIN ENV 1995-1-1

**Belastung:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee  
**Anwendungsbereich:** unter Dach

**Einwirkungen:** Gleichlast, Eigengewicht und Schnee

**Nutzungs-kategorie:** 1

**Lasteinwirkungsdauer:** kurz

$$\Rightarrow k_{\text{mod}} = 0,9$$

**Teilsicherheitsbeiwert des Baustoffes:**  $\gamma_M = 1,3$

#### Bezeichnungen:

- $l$  = Stützweite des Binders
- $e$  = Abstand der Binder zueinander
- $m$  = Anzahl der Binder
- $n_v$  = Anzahl der Verbände
- $n = m/n_v$
- $h_y$  = Höhe des Trägers bei  $\max \sigma_b$
- $b$  = Breite des Binders
- $q = g+s$  = gleichmäßig verteilte lotrechte Last
- $g$  = Eigengewicht
- $s$  = Schnee

#### Bezeichnungen:

- $l$  = Stützweite des Binders
- $e$  = Abstand der Binder zueinander
- $m$  = Anzahl der Binder
- $n_v$  = Anzahl der Verbände
- $n = m/n_v$
- $h_y$  = Höhe des Trägers bei  $\max \sigma_{m,d}$
- $b$  = Breite des Binders
- $q_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$
- $G$  = Eigengewicht,  $\gamma_G = 1,35$
- $Q$  = Schnee,  $\gamma_Q = 1,5$

#### Rechenwert der Seitenlast:

$$\max M = \frac{q \cdot l^2}{8}$$

$$q_s = \frac{m}{n_v} \cdot \frac{\max M}{350 \cdot l \cdot b} = \frac{n \cdot \max M}{350 \cdot l \cdot b}$$

#### Bemessungswert der Seitenlast:

Kippbeiwert des ungestützten Trägers:

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \frac{\sqrt{1 \cdot h_y \cdot f_{m,k}}}{\sqrt{\pi \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}} \cdot \sqrt{\frac{E_{0,05}}{G_{0,05}}} \quad \text{mit: } \sqrt{\frac{E_{0,05}}{G_{0,05}}} = 4$$

$$\max M = \frac{q_d \cdot l^2}{8}$$

$$N_d = (1 - k_{\text{rel}}) \cdot \frac{\max M}{h_y^2}$$

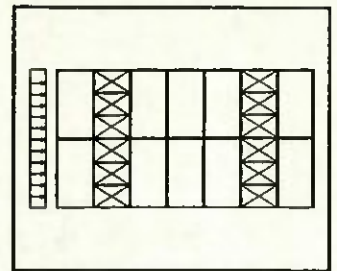
$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \sqrt{(15/l)} \end{array} \right. \quad \text{für } l \geq 15 \text{ m}$$

$$q_{s,d} = k_1 \cdot n \cdot \frac{N_d}{30 \cdot l}$$



## 4.24 Seitenlasten

für Biegeträger mit Rechteckquerschnitten



### Anmerkungen:

In den folgenden Diagrammen werden lediglich die Stabilisierungslasten, die sich aus lotrechten äußeren Kräften infolge von Imperfektionen der auszusteifenden Binder ergeben. Der Einfluß der Verformungen durch Windkräfte wird, wie auch nach dem Regelverfahren von DIN 1052, nicht berücksichtigt. Die Kombination von Seitenlasten mit Windlasten, die in den Normenwerken unterschiedlich geregelt sind, werden nicht untersucht. Die Durchbiegungsbeschränkungen der aussteifenden Verbände gehen nicht in die Untersuchung ein.

Unterschiedliche Ergebnisse im einzelnen Diagramm liegen in der Herleitung der Regelnachweise aus genaueren Nachweisen. Beachtenswert sind die Unterschiede zwischen den Diagrammen. Hier wurde jeweils die als Parameter eingehende Stützweite der auszusteifenden Träger geändert. Bei Stützweiten  $l \geq 15$  m dürfen die Seitenlasten mit dem Faktor  $k_t = \sqrt{(15/l)}$  abgemindert werden. Hierbei wird unterstellt, daß bei der Montage weitgespannter Konstruktionen besonders sorgfältig vorgegangen wird, so daß die üblichen baupraktisch nicht vermeidbaren Vorkrümmungen der Binder, die im EC 5 zu  $e = 0,003 \cdot l$  begrenzt werden, höchstens um den Faktor  $k_t$  vermindert auftreten.

## 4.24 Seitenlasten

für Biegeträger mit Rechteckquerschnitten

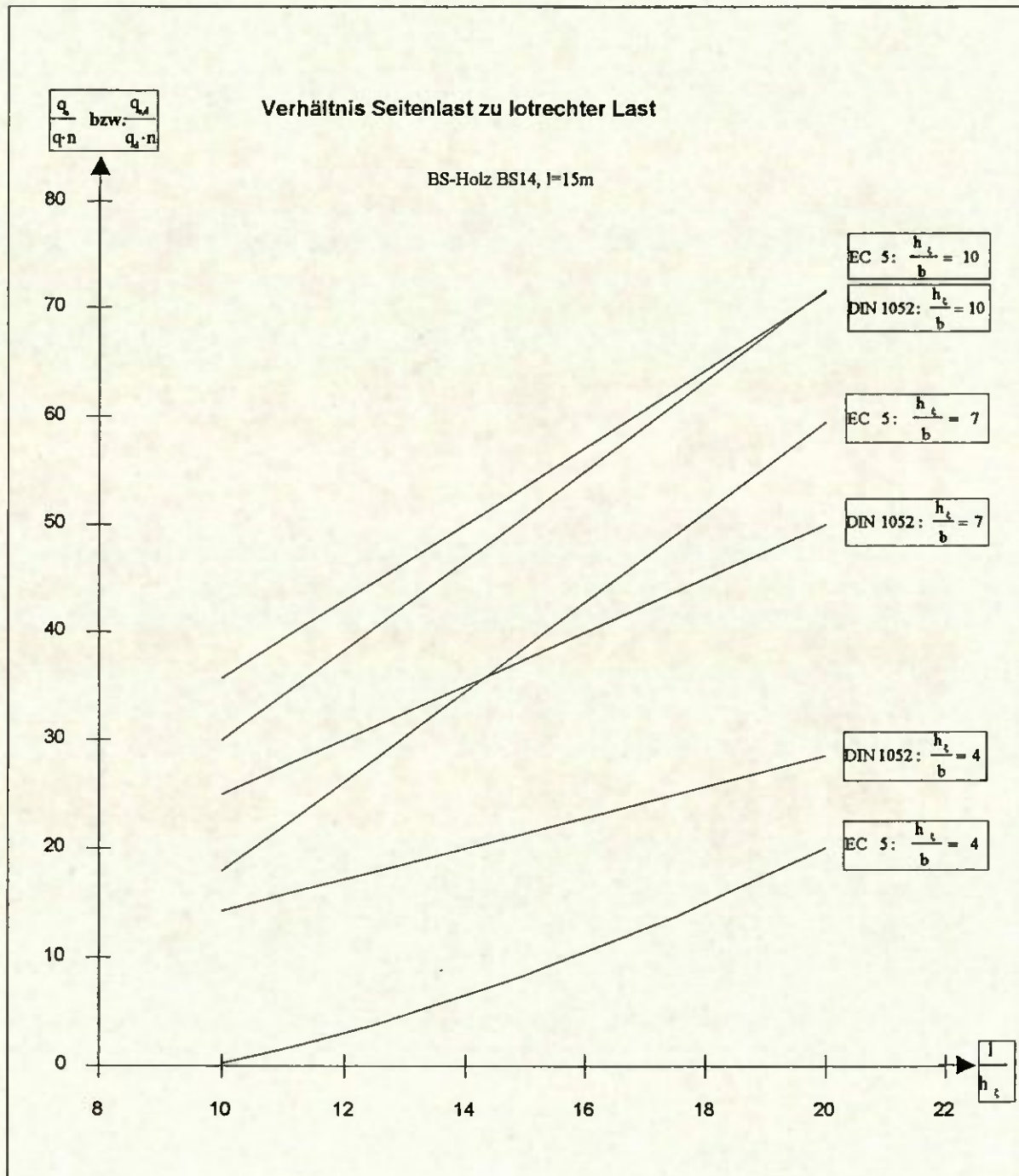
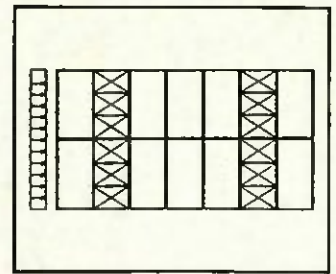


Bild 4.24.1: Vergleich der Seitenlasten für eine Hallenbreite von  $l = 15\text{ m}$

# 4.24 Seitenlasten

für Biegeträger mit Rechteckquerschnitten

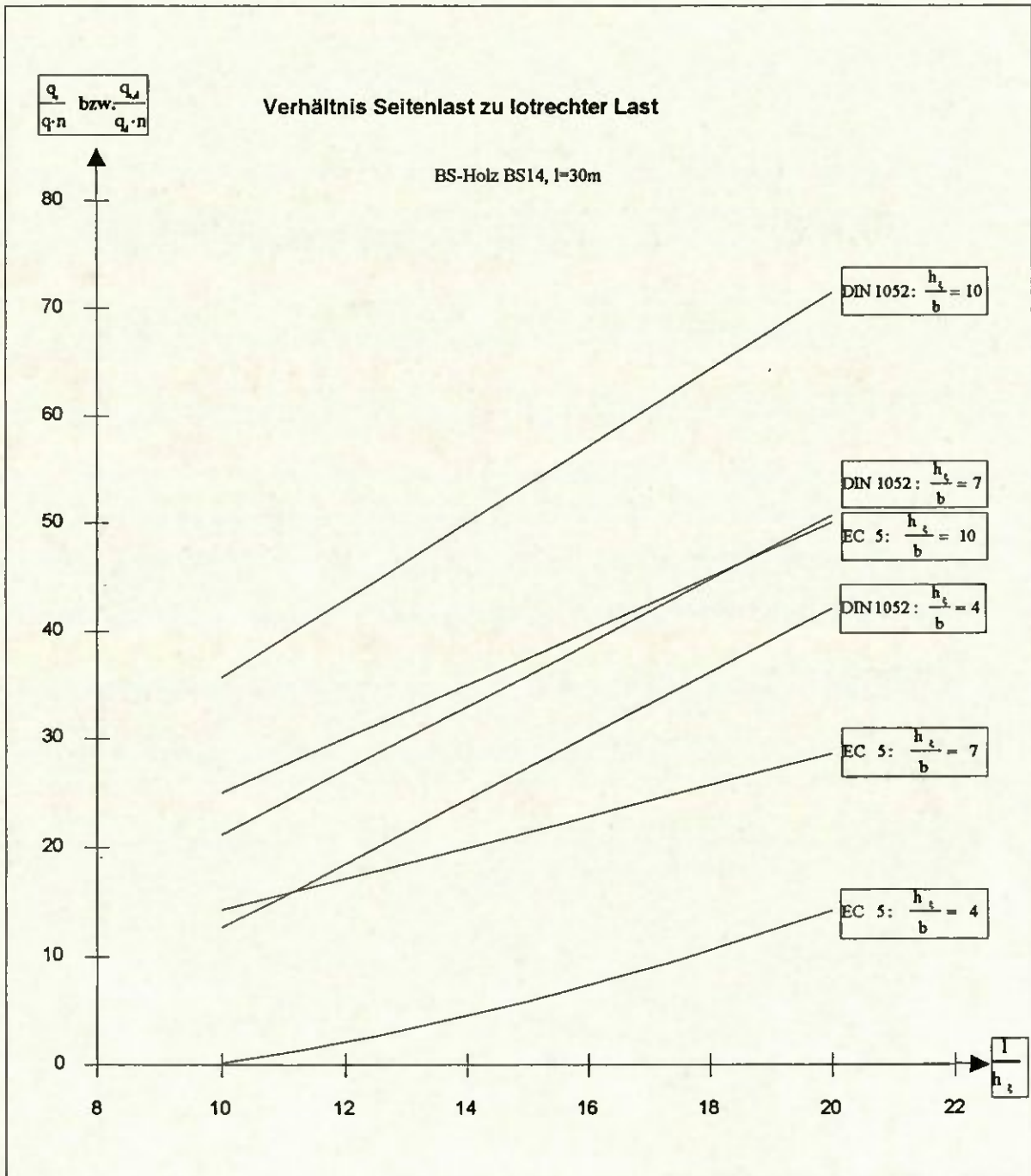
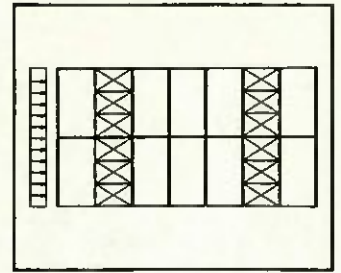


Bild 4.24.2: Vergleich der Seitenlasten für eine Hallenbreite von l = 30 m



## 4.24 Seitenlasten

für Biegeträger mit Rechteckquerschnitten

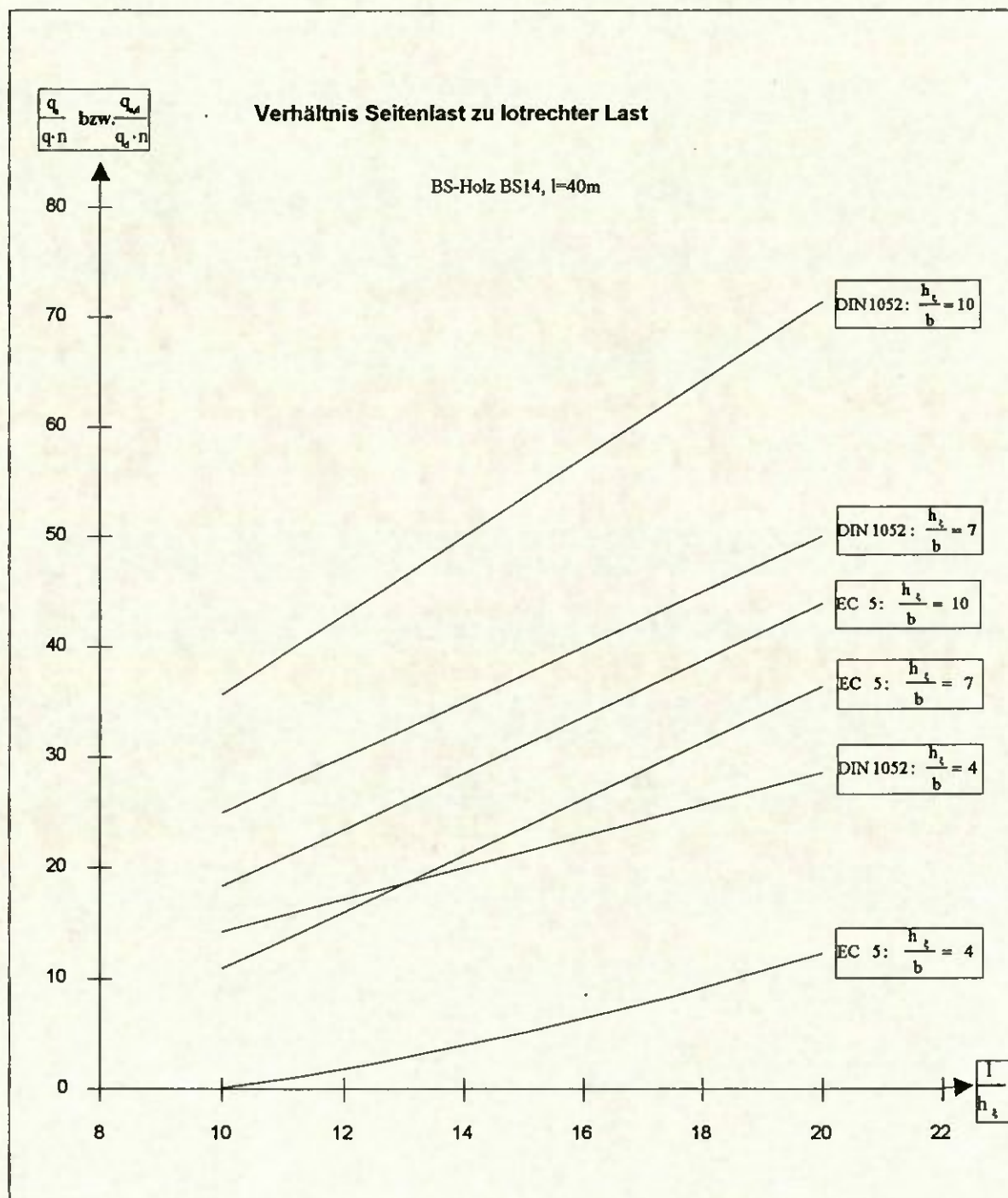
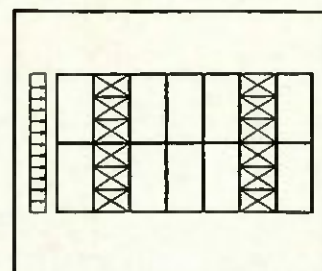


Bild 4.24.3: Vergleich der Seitenlasten für eine Hallenbreite von  $l = 40\text{ m}$

## 5 Knotenpunkt

### a) Berechnung nach ENV 1995-1-1

#### 5.1.a Bauteilbeschreibung

Der Knotenpunkt eines Fachwerkträgers einer Schwimmhalle mit einer Spannweite von ca. 32 m soll bemessen werden. Die Diagonalen und der Gurt haben eine Breite von 22 cm und werden über ein Knotenblech mit Stabdübel  $\varnothing 24$  verbunden.

Blechtaerke  $t = 15 \text{ mm}$

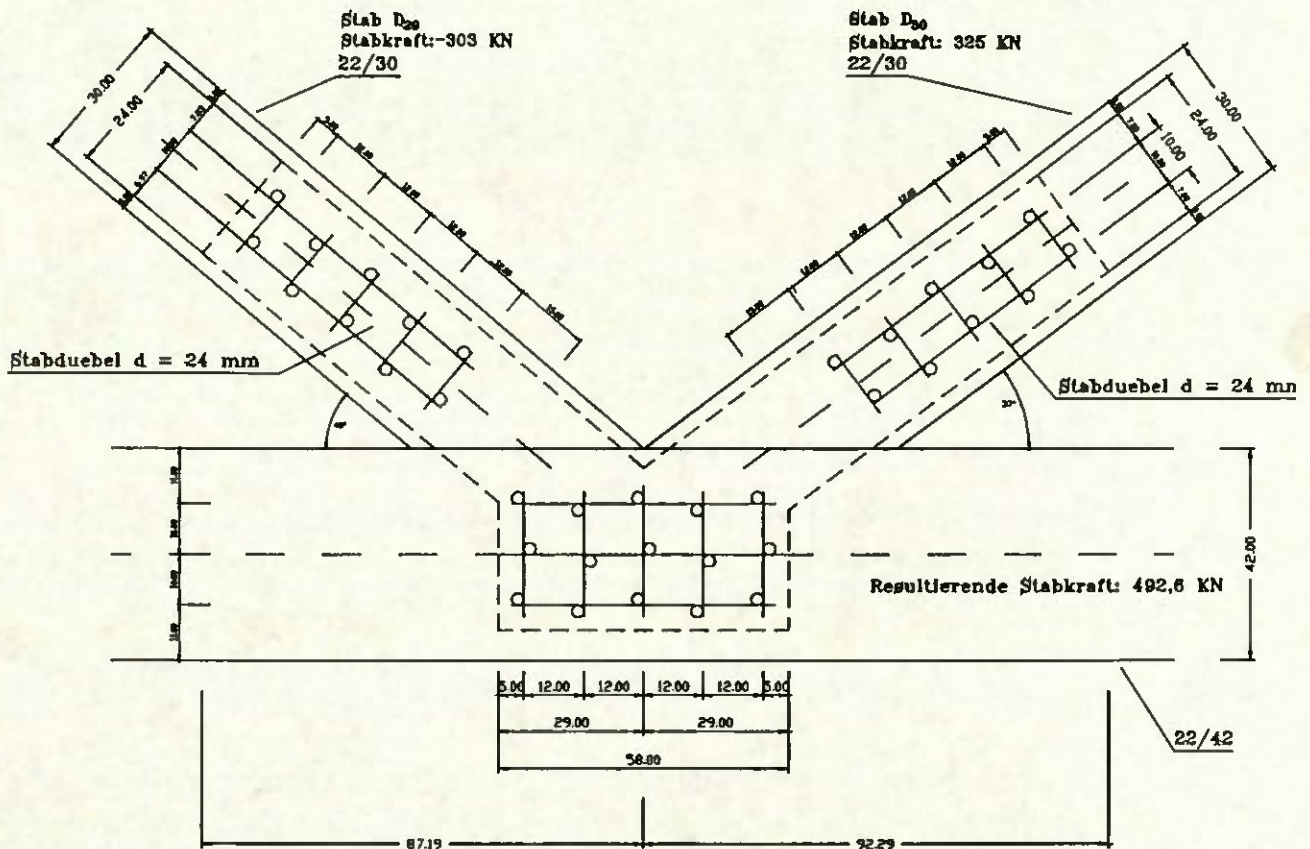


Abb. 19: Knotengeometrie

#### 5.2.a System und Stabkräfte

Diagonalstab  $D_{29} = -303 \text{ kN}$

Diagonalstab  $D_{30} = 325 \text{ kN}$

Resultierende Kräfte im Untergurt:

$$U_H = 303 \cdot \cos 40^\circ + 325 \cdot \cos 36,7^\circ = 492,6 \text{ kN}$$

$$U_V = 303 \cdot \sin 40^\circ + 325 \cdot \sin 36,7^\circ = 0,54 \text{ kN} \approx 0 \text{ kN}$$

#### 5.3.a Einwirkungen

Es wird von 50 % ständigen und 50 % veränderlichen Lasten ausgegangen.

**5.4.a Bemessungswert der Beanspruchungen**

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50 \text{ für veränderliche Einwirkungen}$$

s. EC 5 Tab. 2.3.3.1

$$D_{29} = -431,8 \text{ kN}$$

$$D_{30} = -463,1 \text{ kN}$$

$$U_H = 702,1 \text{ kN}$$

**5.5.a Baustoffeigenschaften**

Für die nachfolgende Bemessung wurde die Festigkeitsklasse Gl 24 gewählt.  
Festigkeits- und Steifigkeitswerte aus prEN 1194 Tab. 1, für Stahl aus DIN 18800 T.1.

**5.5.1.a charakteristische Werte der Baustoffeigenschaften**Berechnungsannahmen:

Klasse der Lasteinwirkungsdauer: mittel; Nutzungsklasse 1  
eine veränderliche Einwirkung aus Schnee  $\Rightarrow k_{\text{mod}} = 0,9$

Werkstoffe:

Stabdübel:  $\varnothing 24$  aus St 37

$$\gamma = 1,1$$

s. EC 5 Tab. 2.3.3.2

$$f_{u,k} = 360 \text{ N/mm}^2$$

Fachwerk: Brettschichtholz GL 24

$$\rho_{g,k} = 380 \text{ kg/m}^3$$

Stabdübelabstände:

$$a_1 = 5 \cdot d = 120 \text{ mm} < 7 \cdot d$$

s. EC 5 Tab. 6.6a und Fußnote

$\Rightarrow f_{h,0,k}$  muß abgemindert werden

$$a_2 = 100 \text{ mm} > 3 \cdot d = 72 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = 150 \text{ mm} \left. \begin{array}{l} \leq 7 \cdot d = 168 \text{ mm} \\ \geq 80 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow a_{3,t} \text{ muß auf } 170 \text{ mm vergrößert werden}$$

Bemessungswert der Baustoffeigenschaften

Fließmoment:

$$M_{y,d} = 0,8 \cdot f_{u,k} \cdot d^3 / (6 \cdot \gamma_M)$$

s. EC 5 Gl. (6.5.1.2e)

$$= 0,8 \cdot 360 \cdot 24^3 / (6 \cdot 1,1) = 603229 \text{ Nmm}$$



Lochleibungsfestigkeit für Belastung in Faserrichtung:

$$f_{h,l,d} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \sqrt{\frac{a_1}{7 \cdot d}} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 13,86 \text{ N/mm}^2 \quad \text{s. EC 5 Gl. (6.5.1.2b)}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Verbindungsmittels pro Scherfläche einer zweischnittigen Stahl-Holz-Verbindung.

Seitenholzdicke:  $t_1 = 100 \text{ mm}$

$$R_d = \min. \begin{cases} f_{h,0,d} \cdot t_1 \cdot d & = & 33255 \text{ N} & \text{Gl. (6.2.2e)} \\ 1,1 \cdot f_{h,l,d} \cdot t_1 \cdot d \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,d}}{f_{h,l,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] & = & 23811 \text{ N} & \text{Gl. (6.2.2f)} \\ 1,5 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,d} \cdot f_{h,l,d} \cdot d} & = & 30045 \text{ N} & \text{Gl. (6.2.2.g)} \end{cases}$$

Für zwei Scherflächen ergibt sich somit der Bemessungswert eines Stabdübels:

$$2 \cdot R_d = 2 \cdot 23811 = 47622 \text{ N} = 47,6 \text{ kN}$$

Unter der Annahme gleichmäßig verteilter Einwirkungen ergibt sich eine zur DIN 1052 vergleichbare Stabdübelkraft:

$$N_{\text{Vergleich}} = 47,6 / 1,43 = 33,3 \text{ kN}$$

In den nachfolgenden Tabellen sind die Ergebnisse dieser Rechnung für Stabdübel  $\varnothing 12$ , 16 und 24, Stahl St 37 und St 52 und für die Rohdichten des Holzes von  $\rho_{g,k} = 380 \text{ kg/m}^3$  für Gl 24 bzw.  $\rho_{g,k} = 410 \text{ kg/m}^3$  für Gl 28 dargestellt.

Es wird immer von einer konstanten Seitenholzdicke von  $t_1 = 100 \text{ mm}$  ausgegangen.

Der Abstand  $a_2$  (Stabdübelabstand untereinander  $\perp$  zur Faser) beträgt nach ENV 1995 und DIN 1052  $3 \cdot d$ .

## b) Berechnung nach DIN 1052

### 5.1.b Bauteilbeschreibung, System und Stabkräfte

wie bei der Berechnung nach ENV 1995-1-1

### 5.2.b Ermittlung der zulässigen Stabdübelkräfte

$$\text{zul } N_{St} = \min. \begin{cases} 2 \cdot \text{zul } \sigma_1 \cdot a \cdot d_{St} \cdot 1,25 & \text{in N} \\ 2 \cdot B \cdot d_{St}^2 \cdot 1,25 & \text{in N} \end{cases}$$

Ergebnisse der Vergleichsrechnung der Stabdübelbelastung nach ENV 1995 -1-1 und DIN 1052

Stabdübel Ø 12		Bemessung nach ENV 1995 -1-1								
Zeil/ Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Stabdübelabstände	mm	$a_1 = 84 \text{ mm}$ ("Mindestabstand" nach ENV 1995)				$a_1 = 60 \text{ mm}$ (Mindestabstand nach DIN 1052)			
2	Festigkeitsklasse		GL 24		GL 28		GL 24		GL 28	
3	Stahlsorte der Stabdübel		St 37 - 2	St 52 - 3	St 37 - 2	St 52 - 3	St 37 - 2	St 52 - 3	St 37 - 2	St 52 - 3
4	Lochleibungsfestigkeit $f_{h,l,d}$	N/mm <sup>2</sup>	19,0	19,0	20,5	20,5	16,0	16,0	17,3	17,3
5	2 • min R <sub>d</sub>	KN	17,6	20,9	18,3	21,7	16,2	19,2	16,8	20,0
6	Versagensart		g	g	g	g	g	g	g	g
7	vergleichbare Belastung	KN	12,3	14,6	12,8	15,2	11,3	13,5	11,7	14,0
8	erf. n für Diagonale D <sub>29</sub>	Stk.	25	21	24	20	27	23	26	22
9	erf. n für Diagonale D <sub>30</sub>	Stk.	27	22	26	22	29	24	28	24
10	erf. n für Untergurt	Stk.	40	34	39	33	44	37	42	35
11	vergl. Belastung/Fläche	N/mm <sup>2</sup>	4,07	4,84	4,22	5,03	5,23	6,23	5,44	6,47

		Bemessung nach DIN 1052								
12	Stabdübelmindestabstand	mm	60/36							
13	Festigkeitsklasse		GK I oder GK II							
14	Stahlsorte der Stabdübel		St 37 - 2							
15	zul $\sigma_1$	N/mm <sup>2</sup>	5,5							
16	zul N <sub>St</sub>	KN	11,88							
17	erf. n für Diagonale D <sub>29</sub>	Stk.	26							
18	erf. n für Diagonale D <sub>30</sub>	Stk.	28							
19	erf. n für Untergurt	Stk.	42							
20	vergl. Belastung/Fläche	N/mm <sup>2</sup>	5,50							

		Prozentuale Abweichung ENV 1995 -1-1 zu DIN 1052								
21	pro Anschlußfläche $(11) \cdot (20) / (20)$	%	-26,0	-12,0	-23,3	-8,5	-4,9	13,3	-1,1	+17,6
22	pro Stabdübel $(17) \cdot (16) / (16)$	%	+3,5	+23,3	+7,5	+27,9	-4,9	+13,2	-1,2	+17,8



Ergebnisse der Vergleichsrechnung der Stabdübelbelastung nach ENV 1995 -1-1 und DIN 1052

Stabdübel Ø 16		Bemessung nach ENV 1995 -1-1								
Zeile/ Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Stabdübelabstände	mm	a <sub>1</sub> = 112 mm ("Mindestabstand" nach ENV 1995)				a <sub>1</sub> = 80 mm (Mindestabstand nach DIN 1052)			
2	Festigkeitsklasse		GL 24		GL 28		GL 24		GL 28	
3	Stahlsorte der Stabdübel		St 37 - 2	St 52 - 3	St 37 - 2	St 52 - 3	St 37 - 2	St 52 - 3	St 37 - 2	St 52 - 3
4	Lochleibungsfestigkeit f <sub>h,ld</sub>	N/mm <sup>2</sup>	18,1	18,1	19,6	19,6	15,3	15,3	16,5	16,5
5	2 • min R <sub>d</sub>	KN	30,5	34,0	31,7	36,1	27,7	29,8	29,2	31,6
6	Versagensart		g	g	g	g	g	g	g	g
7	vergleichbare Belastung	KN	21,4	23,8	22,1	25,2	19,4	20,9	20,4	22,1
8	erf. n für Diagonale D <sub>29</sub>	Stk.	15	13	14	12	16	15	15	14
9	erf. n für Diagonale D <sub>30</sub>	Stk.	15	14	15	13	17	16	16	15
10	erf. n für Untergurt	Stk.	23	21	23	20	26	24	24	23
11	vergl. Belastung/Fläche	N/mm <sup>2</sup>	3,97	4,42	4,13	4,69	5,04	5,43	5,31	5,76

		Bemessung nach DIN 1052								
12	Stabdübelmindestabstand	mm	80/48							
13	Festigkeitsklasse		GK I oder GK II							
14	Stahlsorte der Stabdübel		St 37 - 2							
15	zul σ <sub>1</sub>	N/mm <sup>2</sup>	5,5							
16	zul N <sub>St</sub>	KN	21,12							
17	erf. n für Diagonale D <sub>29</sub>	Stk.	15							
18	erf. n für Diagonale D <sub>30</sub>	Stk.	16							
19	erf. n für Untergurt	Stk.	24							
20	vergl. Belastung/Fläche	N/mm <sup>2</sup>	5,50							

		Prozentuale Abweichung ENV 1995 -1-1 zu DIN 1052								
21	pro Anschlußfläche (111)-(20)/(20)	%	-27,8	-19,6	-25,0	+14,6	-8,3	-1,2	-3,4	+4,7
22	pro Stabdübel (7)-(16)/(16)	%	+1,1	+12,5	5	-19,6	-8,3	-1,2	-3,4	+4,7



### Ergebnisse der Vergleichsrechnung der Stabdübelbelastung nach ENV 1995 -1-1 und DIN 1052

Stabdübel Ø 24		Bemessung nach ENV 1995 -1-1								
Zeile/ Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Stabdübelabstände	mm	$a_1 = 168 \text{ mm}$ ("Mindestabstand" nach ENV 1995)				$a_1 = 120 \text{ mm}$ (Mindestabstand nach DIN 1052)			
2	Festigkeitsklasse		GL 24		GL 28		GL 24		GL 28	
3	Stahlsorte der Stabdübel		St 37 - 2	St 52 - 3	St 37 - 2	St 52 - 3	St 37 - 2	St 52 - 3	St 37 - 2	St 52 - 3
4	Lochleibungsfestigkeit $f_{h,1,d}$	N/mm <sup>2</sup>	16,4	16,4	17,7	17,7	13,9	13,9	15,0	15,0
5	$2 \cdot \min R_d$	KN	53,4	60,1	56,3	63,0	47,6	54,1	50,1	56,7
6	Versagensart		f	f	f	f	f	f	f	f
7	vergleichbare Belastung	KN	37,3	42,0	39,4	44,1	33,3	37,9	35,0	39,7
8	erf. n für Diagonale D <sub>29</sub>	Stk.	9	8	8	8	9	8	9	8
9	erf. n für Diagonale D <sub>30</sub>	Stk.	13	9	9	8	10	9	10	9
10	erf. n für Untergurt	Stk.	19	14	13	12	15	13	14	13
11	vergl. Belastung/Fläche	N/mm <sup>2</sup>	3,09	3,47	3,25	3,64	3,85	4,38	4,06	4,59

Bemessung nach DIN 1052			
12	Stabdübelmindestabstand	mm	120/72
13	Festigkeitsklasse		GK I oder GK II
14	Stahlsorte der Stabdübel		St 37 - 2
15	B	N/mm <sup>2</sup>	33
16	zul N <sub>St</sub>	KN	33,00
17	erf. n für Diagonale D <sub>29</sub>	Stk.	10
18	erf. n für Diagonale D <sub>30</sub>	Stk.	10
19	erf. n für Untergurt	Stk.	15
20	vergl. Belastung/Fläche	N/mm <sup>2</sup>	3,82

Prozentuale Abweichung ENV 1995 zu DIN 1052										
21	pro Anschlußfläche $(11)-(20)/(20)$	%	-19,1	-9,2	-14,9	-4,7	+0,8	+14,7	+6,3	+20,2
22	pro Stabdübel $(7)-(16)/(16)$	%	+13,0	+27,3	+19,4	+33,6	+0,9	+14,9	+6,06	+20,3

## 6. Zusammenfassung

Das Forschungsvorhaben befaßt sich zunächst mit vergleichenden Berechnungen einzelner Bauteile und Verbindungen von Haus- und Hallenkonstruktionen und darüber hinaus mit Parameterstudien an häufig eingesetzten Konstruktionselementen. Dazu kann kurz zusammengefaßt werden:

### *Nachweise der Tragfähigkeit, Bauteile:*

Vollholz, sortiert nach DIN 4074, sowie BS-Holz, hergestellt nach bisherigen nationalen Vorgaben können in etwa gleicher Weise wie bisher, dies im Hinblick auf die Standsicherheit und die Wirtschaftlichkeit der Konstruktionen, eingesetzt werden. Auf dieses Ziel wurde bereits vor der Verabschiedung der ENV 1995-1-1 in den europäischen Gremien und bei den Entwurfsarbeiten zum deutschen Nationalen Anwendungsdokument hingearbeitet, dies auf der Grundlage von einzelnen Vergleichsrechnungen, deren Ergebnisse durch die vorliegenden Parameterstudien bestätigt werden.

### *Nachweise der Gebrauchstauglichkeit:*

nach den bisherigen deutschen Vorschriften werden bei üblichen Bauteilen, z.B. für Dachkonstruktionen, bei denen die ständigen Lasten die anzunehmenden Verkehrslasten nicht übersteigen, lediglich elastische Verformungen errechnet. Nach den europäischen Entwürfen sind in jedem Fall auch zeitabhängige Verformungen, z.B. aus Kriechen, zu berücksichtigen. Daher ergeben sich hier häufig größere rechnerische Durchbiegungen als bei Berechnung nach DIN 1052. Ganz besonders gilt dies für Vollholz, das in frischem oder halbtrockenen Zustand eingebaut wird und unter Last nachtrocknen kann. Hier erhält man zweifache und größere rechnerische Durchbiegungen als bisher. Auch hier wurde von deutscher Seite in den europäischen Gremien darauf hingewirkt, daß die bisher in den meisten nationalen Vorschriften festgelegten verbindlichen zulässigen Durchbiegungen von empfohlenen Durchbiegungsbegrenzungen abgelöst werden. Der Tragwerksplaner erhält mit den neuen Normen ein Werkzeug, das eine realistischere Abschätzung der Verformungen erlaubt als bisher üblich. Er hat jedoch die Aufgabe, die Auswirkungen der Verformungen auf die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks selbst zu prüfen und die Grenzen, eventuell im Einvernehmen mit dem Architekten und der Bauherrschaft, festzulegen. Für Bauteile aus Brettschichtholz ergeben sich zum Teil günstigere Verhältnisse als bisher, wenn den Durchbiegungen unter den gesamten Lasten mit einer hinreichend großen Überhöhung begegnet wird.

### *Verbindungen:*

In den EC 5 wurden bisher nur stiftförmige Verbindungsmittel aufgenommen. Angaben beispielsweise für Dübel besonderer Bauart und für Nagelplatten sind nicht enthalten. Die Berechnung von Verbindungsmitteln in Spanplatten ist bisher nicht durchführbar, da die hierzu benötigten Lochleibungsfestigkeiten nicht angegeben sind. Auch Nägel, beansprucht auf Herausziehen, können wegen fehlender Festigkeitswerte nicht eingesetzt werden. Untersucht wurde in Parameterstudien ein hoch belasteter Fachwerkknoten aus dem Ingenieurholzbau, ausgeführt mit Stabdübeln. Es zeigte sich, daß die Tragfähigkeitswerte in den betrachteten Be-



reichen durch das in EC 5 enthaltene neu Bemessungsverfahren differenzierter als bisher dargestellt werden. Es ergeben sich zunächst keine wirtschaftlichen Vorteile gegenüber einer gut durchgeführten Bemessung nach DIN 1052. Diese können jedoch erreicht werden durch die Wahl höherwertigen Stahls für die Stabdübel, z.B. durch die Verwendung von St 52 anstelle von St 37. Bei einem Einsatz maschinell sortierten Holzes hoher Festigkeit ergeben die neuen Rechenverfahren Verbindungen mit hohen Leistungsfähigkeiten.



