

Forschungsauftrag

Beispielhafte Vergleichsrechnung ENV 1995-1-1/DIN 1052 zur Festlegung noch freier Parameter im Hinblick auf die Sicherung des derzeitigen Sicherheitsniveaus

Kurzbericht

Mit der Einführung der ENV 1995-1-1 wird in absehbarer Zeit der Wechsel vom deterministischen zu einem mehr probabilistischen Bemessungskonzept vollzogen. Im vorliegenden Teilprojekt des Forschungsauftrages soll für typische Bauteile und Knotenpunkte ein Vergleich zwischen der Bemessung nach nationaler und zukünftiger europäischer Norm gezogen werden. Ein solcher Vergleich anhand von Bauteilen ist sinnvoll, da ein Vergleich der einzelnen Nachweisverfahren alleine noch keinen Aufschluß über die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Bemessungskonzepte gibt. Es werden Bauteile eines Hallentragwerks und eines Hauses in Skelettbauweise nach beiden Normenwerken berechnet und die Ergebnisse gegenübergestellt. Bei einem Vergleich der verschiedenen Ergebnisse wurde, kurz zusammengefaßt, festgestellt:

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. Abweichungen liegen im Bereich von $\pm 10\%$, bezogen auf die Ergebnisse nach DIN 1052.

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 - dies ist der Regelfall -, lediglich elastische Verformungen errechnet und mit zulässigen Durchbiegungen verglichen. 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 halbtrockenem Zustand eingebaut wird und unter Last nachtrocknen kann. Hier erhält man zweifache und größere Verformungen als bisher. Hier wurde von deutscher Seite in den europäischen Gremien darauf hingewirkt, daß die bisher in den meisten nationalen Normen festgelegten verbindlichen zulässigen Durchbiegungen von empfohlenen Durchbiegungsbegrenzungen abgelöst werden. Der Tragwerksplaner erhält mit den neuen Normen ein Werkzeug, das eine realistischere Abschätzung der Verformungen ermöglicht als bisher gegeben. Er hat jedoch die Aufgabe, die Auswirkungen der Verformungen auf die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks selbst zu prüfen und die Grenzen, eventuell im Einvernehmen mit den übrigen Planern und der Bauherrschaft, festzulegen.

Verbindungen:

In den EC 5 wurden bisher nur stiftförmige Verbindungsmittel aufgenommen. Hier wurde ein hochbelasteter Fachwerkknoten, ausgeführt mit Stabdübeln, untersucht. Die Tragfähigkeitswerte werden durch das im EC 5 enthaltene neue Bemessungsverfahren differenzierter dargestellt als bei den bisher üblichen Verfahren. Gegenüber einer gut durchgeführten Bemessung nach DIN 1052 ergeben sich Einbußen bei der Tragfähigkeit. Höhere Tragfähigkeiten können jedoch erzielt werden durch die Wahl von Stahl mit hoher Festigkeit für die Stabdübel, ferner durch den Einsatz maschinell sortierten Holzes hoher Festigkeit.

FORSCHUNGSVORHABEN:

BEISPIELHAFTE VERGLEICHSRECHNUNG ENV 1995-1-1/DIN 1052 ZUR FESTLEGUNG NOCH FREIER PARAMETER IM HINBLICK AUF DIE SICHERUNG DES DERZEITIGEN SICHERHEITSNIVEAUS (E-92/7H)

DURCHGEFÜHRT IM AUFTRAG DER ENTWICKLUNGSGEMEINSCHAFT HOLZBAU (EGH) IN
DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR HOLZFORSCHUNG E. V. (DGFH)

Kurzfassung	BERGISCHE UNIVERSITÄT GESAMTHOCHSCHULE WUPPERTAL LEHR- UND FORSCHUNGSGEBIET INGENIEURHOLZBAU PROF. DR.-ING. H. BRÜNINGHOFF WUPPERTAL, 1994
--------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Einleitung

Mit der Einführung der ENV 1995-1-1 wird in absehbarer Zeit der Wechsel vom deterministischen zu einem mehr probabilistischen Bemessungskonzept vollzogen. Im vorliegenden Teilprojekt des Forschungsauftrages soll für typische Bauteile und Knotenpunkte ein Vergleich zwischen der Bemessung nach nationaler und zukünftiger europäischer Norm gezogen werden. Ein solcher Vergleich anhand von Bauteilen ist sinnvoll, da ein Vergleich der einzelnen Nachweisverfahren alleine noch keinen Aufschluß über die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Bemessungskonzepte gibt. Es werden Bauteile eines Hallentragwerks und eines Hauses in Skelettbauweise nach beiden Normenwerken berechnet und die Ergebnisse gegenübergestellt. Bei einem Vergleich der verschiedenen Ergebnisse wurde, kurz zusammengefaßt, festgestellt:

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. Abweichungen liegen im Bereich von $\pm 10\%$, bezogen auf die Ergebnisse nach DIN 1052.

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 - dies ist der Regelfall -, lediglich elastische Verformungen errechnet und mit zulässigen Durchbiegungen verglichen. 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 halbtrockenem Zustand eingebaut wird und unter Last nachtrocknen kann. Hier erhält man zweifache und größere Verformungen als bisher. Hier wurde von deutscher Seite in den europäischen Gremien darauf hingewirkt, daß die bisher in den meisten nationalen Normen festgelegten verbindlichen zulässigen Durchbiegungen von empfohlenen Durchbiegungsbegrenzungen abgelöst werden. Der Tragwerksplaner erhält mit den neuen Normen ein Werkzeug, das eine realistischere Abschätzung der Verformungen ermöglicht als bisher gegeben. Er hat jedoch die Aufgabe, die Auswirkungen der Verformungen auf die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks selbst zu prüfen und die Grenzen, eventuell im Einvernehmen mit den übrigen Planern und der Bauherrschaft, festzulegen.

Verbindungen:

In den EC 5 wurden bisher nur stiftförmige Verbindungsmittel aufgenommen. Hier wurde ein hochbelasteter Fachwerkknoten, ausgeführt mit Stabdübeln, untersucht. Die Tragfähigkeitswerte werden durch das im EC 5 enthaltene neue Bemessungsverfahren differenzierter dargestellt als bei den bisher üblichen Verfahren. Gegenüber einer gut durchgeführten Bemessung nach DIN 1052 ergeben sich Einbußen bei der Tragfähigkeit. Höhere Tragfähigkeiten können jedoch erzielt werden durch die Wahl von Stahl mit hoher Festigkeit für die Stabdübel, ferner durch den Einsatz maschinell sortierten Holzes hoher Festigkeit.

Verwendete Normen

- [1] DINV ENV 1995-1-1. Ausgabe Oktober 1993. Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holztragwerken.
- [2] DIN EN 1194. Ausgabe Dezember 1993. Brettschichtholz: Festigkeitsklassen und Bestimmung charakteristischer Werte.
- [3] DIN EN 338. Ausgabe November 1990. Bauholz: Festigkeitsklassen.
- [4] Nationales Anwendungsdokument (NAD) zu Eurocode 5. Teil 1-1. Ausgabe September 1993
- [5] DIN 1052. Ausgabe April 1988. Teil 1 und 2

Vergleichsrechnungen

1. Eingespannte Stütze

Bauteilbeschreibung und statisches System

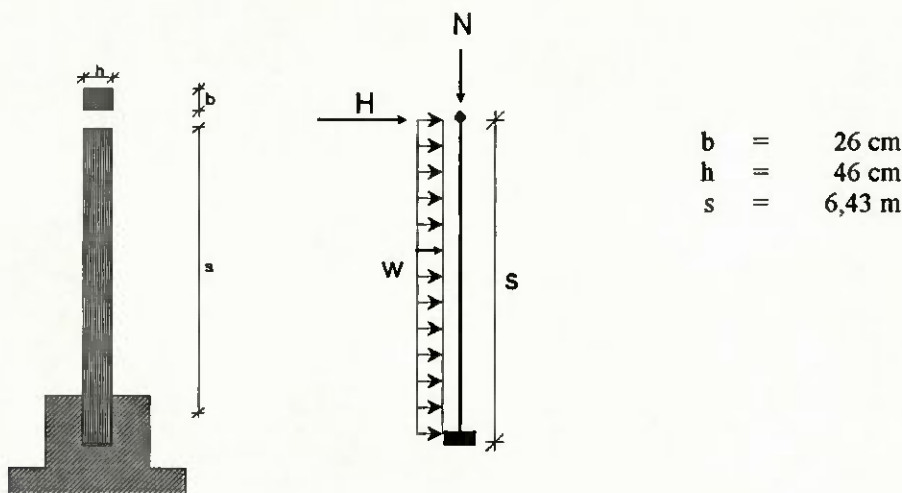


Abb. 1: Stützegeometrie und statisches System

Die Stütze wird aus BS - Holz der Festigkeitsklasse GI 24 für die Berechnung nach DINV ENV 1995-1-1 bzw. Güteklasse II für die Berechnung nach DIN 1052 hergestellt.

Einwirkungen

ständige Einwirkungen

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

veränderliche Einwirkungen

Schnee	44,60 kN
Wind w_s (vertikal)	-17,90 kN
Wind w_D	2,40 kN/m
Horizontalkraft H	5,60 kN

Vergleich der Ausnutzungsgrade und Schlußfolgerungen

	ENV 1995-1-1 BS-Holz GI 24 26/46	DIN 1052 BS-Holz GK II 26/46
Knicknachweis	1,05	0,95
Durchbiegung	s/148 ¹	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*

¹ Dabei ist zu beachten, daß in der ENV 1995-1-1 nur *empfohlene* Durchbiegungsgrenzen enthalten sind.

eingestuft. Der Kombinationsbeiwert ψ 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.

2. Pendelstütze

Bauteilbeschreibung und statisches System

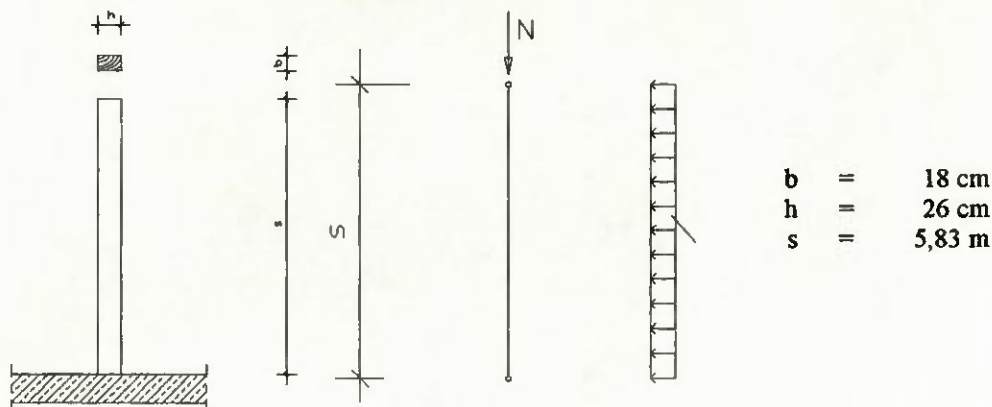


Abb.2: Stützengeometrie und statisches System

Die Stütze wird aus Vollholz der Festigkeitsklasse C 24 für die Berechnung nach DINV ENV 1995-1-1 bzw. Güteklasse II für die Berechnung nach DIN 1052 hergestellt.

Einwirkungen

ständige Einwirkungen

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

Vergleich der Ausnutzungsgrade und Schlußfolgerungen

	ENV 1995-1-1 Vollholz C 24 18/26	DIN 1052 NHGK II 18/26
Knicknachweis	0,75	0,94
Durchbiegung	$s/470^2$	$s/426$

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 ψ 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 $\max \omega$ 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.

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

3. Dachsparren

Bauteilbeschreibung und statisches System

Es soll ein Dachsparren in Vollholz C 24 (Querschnitt 1) und in BS-Holz GI 24 (Querschnitt 2) bemessen werden. Es wird Nutzungsklasse 1 und keine Überhöhung angenommen. Der Sparrenabstand betrage $e = 1,00$ m.

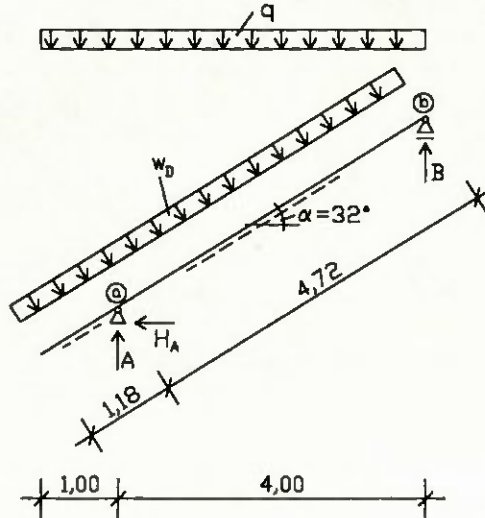


Abb. 3: Sparrengeometrie

Einwirkungen

ständige Einwirkungen

Falzziegel nach	0,55 kN / m ²
Sparreneigengewicht	0,10 kN / m ²
$g =$	0,65 kN / m ²

veränderliche Einwirkungen

Schnee:	0,71 kN / m ² Gfl.
Wind:	0,50 kN / m ² Dfl.

Vergleich der Ausnutzungsgrade und Schlußfolgerungen

		Ausnutzungsgrad Tragsicherheitsn.	Enddurchbiegung Feld	Enddurchbiegung Kragarm
EC 5	C 24 8/20 "trocken"	0,56	1/307 *	1/116 *
	C 24 10/20 "feucht"	-	1/288 *	1/108 *
	GI 24 8/20	0,49	1/307 *	1/116 *
DIN 1052	NHGK II 8/20 "trocken"	0,57	1/293 **	1/111 ***
	NHGK II 10/20 "feucht"	-	1/305 **	1/116 ***
	BS-Holz GK II 8/20	0,52	1/323 **	1/122 ***

* 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.

4. Koppelpfetten

Bauteilbeschreibung und statisches System

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° , der Pfettenabstand $e = 1,15$ m.

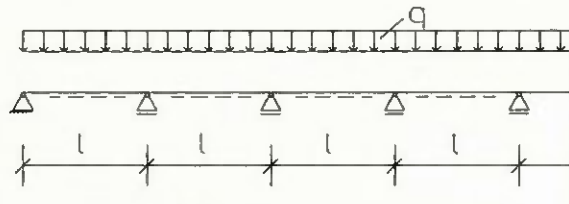


Abb. 4: statisches System, Koppelpfetten

Einwirkungen

ständige Einwirkungen

Faserzementwellpl.	0,20 kN / m ² Dfl.
Dämmung	0,06 kN / m ² Dfl.
Pfetten und Verbände	0,10 kN / m ² Dfl.
g =	0,36 kN / m² Dfl.

veränderliche Einwirkungen

Schnee: Q = 0,75 kN / m² Gfl.

Vergleich der Ausnutzungsgrade und Schlußfolgerungen

		ENV 1995-1-1 C 24	DIN 1052 NHGK II
Endfeld	Ausnutzungsgrad des Tragsicherheitsnachw.	0,77	0,94
	Enddurchbiegung Gesamtlast	1/187 **	1/203
1. Innenfeld	Ausnutzungsgrad des Tragsicherheitsnachw.	0,73	0,93
	Enddurchbiegung Gesamtlast	1/226 **	1/249
übrige Innenf.	Ausnutzungsgrad des Tragsicherheitsnachw.	0,77	0,97
	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, wohl aber in DIN ENV 1995-1-1.

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.

5. Durchlaufpfetten

Bauteilbeschreibung und statisches System

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

Einwirkungen

ständige Einwirkungen

s. a. Sparren $g = 0,77 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl.}$
 EG Durchlaufpfette $0,20 \text{ kN/m}$

veränderliche Einwirkungen

Schnee: $Q = 0,75 \text{ kN/m}^2 \text{ Gfl.}$
 Wind $w_d = 0,50 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$
 $w_s = -0,60 \text{ kN/m}^2 \text{ Dfl.}$

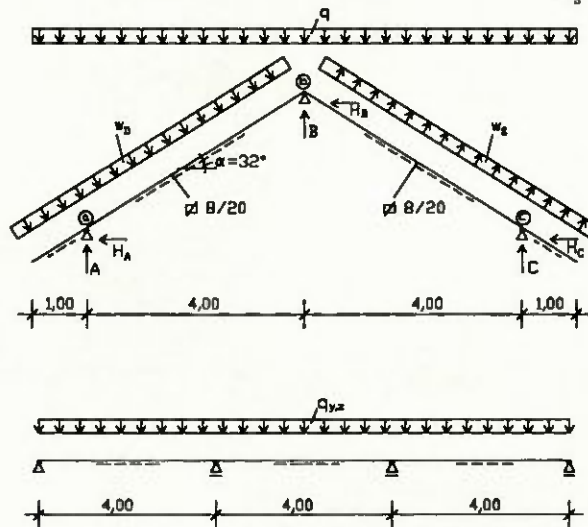


Abb. 5: statisches System, Durchlaufpfette

Vergleich der Ausnutzungsgrade und Schlußfolgerungen

	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
Tragsicherheitsnachweis	0,97	0,97	1,04	0,97 *	0,97 *	0,99 *
EnddurchbiegungGesamtlast	1/367	1/273	1/258	1/341	1/282	1/265

* Die Möglichkeit der Erhöhung der zulässigen Spannungen über Innenauflegern 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.

6. Deckenbalken, Unterzug und Pfosten eines Skelettbaus

Bauteilbeschreibung und statisches System

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.

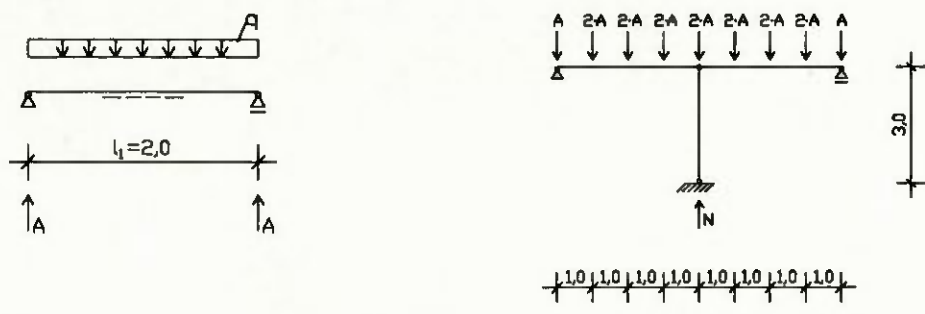


Abb. 6: Statische Systeme

Einwirkungen

ständige Einwirkungen

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

veränderliche Einwirkungen

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

Ohne ausreichende Querverteilung der Lasten.

Bei Weiterleitung auf stützende Bauteile darf diese Verkehrslast auf $1,5 \text{ kN/m}^2$ abgemindert werden.

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

Vergleich der Ausnutzungsgrade und Schlußfolgerungen

	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
Enddurchbiegung (Gesamtlast)	1/250	1/2121	1/370	1/267	1/328	1/303	1/526	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
Enddurchbiegung (Gesamtlast)	1/238	1/253	1/313	1/339	1/308	1/362	1/425	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 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.

7. Ermittlung der Seitenlasten

Bauteilbeschreibung und statisches System

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.

Einwirkungen

ständige Einwirkungen

Eigengewicht $g = 0,50 \text{ kN/m}^2$

veränderliche Einwirkungen

Schnee

$$\text{Winddruck auf den Giebel } w_p = 0,8 \cdot 0,5 \cdot \frac{7,91 + 6,13}{4} = 1,40 \text{ kN/m}$$

$$\text{Windsog auf den Giebel } w_p = 0,8 \cdot 0,5 \cdot \frac{7,91 + 6,13}{4} = 0,88 \text{ kN/m}$$

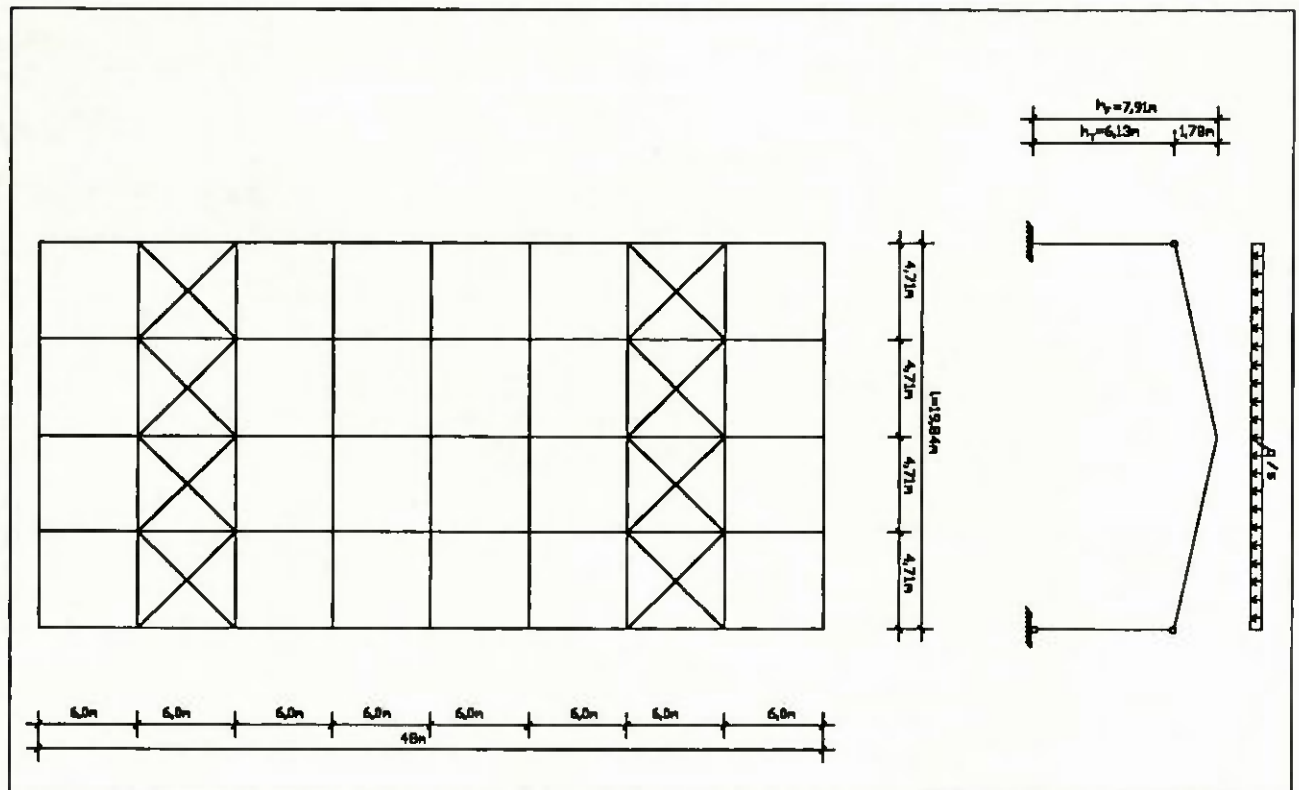


Abb. 7: Geometrie der auszusteienden Halle

Vergleich der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

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

	$q_{w,s}$
	[kN/m]
Kombination 1 nach ENV 1995-1-1	2,87
Kombination 2 nach ENV 1995-1-1	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.

8. Satteldachbinder mit aufgeleimtem Firstkeil

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 Gl 28 gewählt.

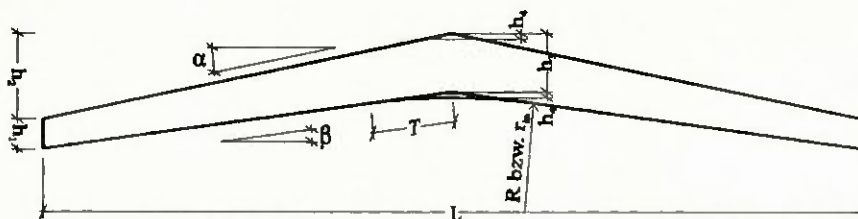


Abb. 8: Bindergeometrie

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
$h_{sp} = h_3 + h_4$	=	1,34	m	β	=	6,60	°
α	=	10,00	°	l	=	19,84	m

Einwirkungen

ständige Einwirkungen

veränderliche Einwirkungen

Eigengewicht $G = 3,00$ kN/m Schnee $Q_s = 4,50$ kN/m

Vergleich der Ausnutzungsgrade und Schlußfolgerungen

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. σ	0,95	0,92
Querkzug	2,11	1,58
Spannungskombination	0,95	0,95
Kippen	1,00	0,88
Enddurchbiegung unter Gesamtlast	1/160	1/200

Die Ausnutzungsgrade für Schub und Querkzug 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 Querkzugspannungen 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

9. Satteldachbinder mit lose aufgesatteltem Firstkeil

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 GI 28 gewählt.

h_1	=	0,60	m	$R = r_m$	=	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
α	=	10,00	°	β	=	6,60	°
				l	=	19,84	m

Einwirkungen

ständige Einwirkungen

veränderliche Einwirkungen

Eigengewicht $G = 3,00$ kN/m Schnee $Q_s = 4,50$ kN/m

Vergleich der Ausnutzungsgrade und Schlußfolgerungen

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. σ	0,95	0,92
Querkzug	1,43	0,79
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 Querkzugspannungen 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.

10. Knotenpunkt

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.

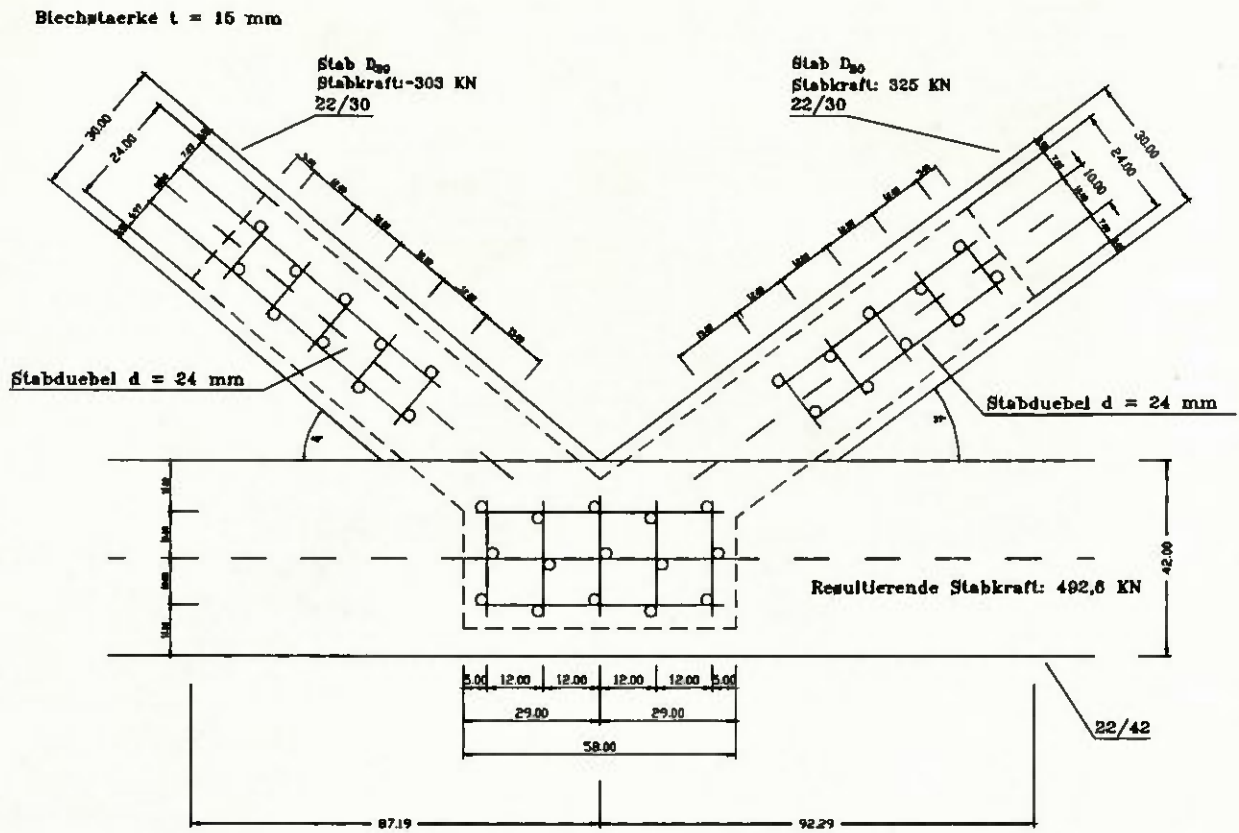


Abb. 10: Knotengeometrie

System und Stabkräfte

Diagonalstab $D_{20} = -303 \text{ kN}$

Diagonalstab $D_{30} = 325 \text{ kN}$

Resultierende Kräfte im Untergurt:

$$U_H = 303 \cdot \cos 40^\circ + 325 \cdot \cos 36,7^\circ = 492,6 \text{ kN}$$

$$U_V = 303 \cdot \sin 40^\circ + 325 \cdot \sin 36,7^\circ = 0,54 \text{ kN} \approx 0 \text{ kN}$$

Es wird von 50 % ständigen und 50 % veränderlichen Lasten ausgegangen.

Ergebnisse der Vergleichsrechnung der Stabdübelbelastung nach ENV 1995 -1-1 und DIN 1052

Stabdübel Ø 12		Bemessung nach ENV 1995 -1-1								
Zeile/ Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Stabdübelabstände	mm	a ₁ = 84 mm ("Mindestabstand" nach ENV 1995)				a ₁ = 60 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,ld}	N/mm ²	19,0	19,0	20,5	20,5	16,0	16,0	17,3	17,3
5	2 • min R _d	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 ₂₉	Stk.	25	21	24	20	27	23	26	22
9	erf. n für Diagonale D ₃₀	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 ²	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 σ ₁	N/mm ²	5,5
16	zul N _{st}	KN	11,88
17	erf. n für Diagonale D ₂₉	Stk.	26
18	erf. n für Diagonale D ₃₀	Stk.	28
19	erf. n für Untergurt	Stk.	42
20	vergl. Belastung/Fläche	N/mm ²	5,50

Prozentuale Abweichung ENV 1995 -1-1 zu DIN 1052										
21	pro Anschlußfläche (11)-(20)/(20)	%	-26,0	-12,0	-23,3	-8,5	-4,9	13,3	-1,1	+17,6
22	pro Stabdübel (7)-(16)/(16)	%	+3,5	+23,3	+7,5	+27,9	-4,9	+13,2	-1,2	+17,8