

Vergleichende Betrachtungen europäischer Bauproduktennormen mit nationalen Bestimmungen. Teilprojekt: Vergleichende Bewertung von Bemessungsverfahren für Nagelplattenkonstruktionen.

**T 2787**

T 2787

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen -BMVBW- geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2007

ISBN 978-3-8167-

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00  
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)



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

## **Forschungsauftrag**

Vergleichende Betrachtungen europäischer Bauproduktennormen mit nationalen Bestimmungen - Teilprojekt „Vergleichende Bewertung von Bemessungsverfahren für Nagelplattenkonstruktionen“ (E 92/7p)

Durchgeführt im Auftrage der  
Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH)  
in der  
Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH)

Bearbeiter: Prof. Dr.-Ing. H. Brüninghoff  
Dipl.-Ing. T. Wiegand

WUPPERTAL 1996

# Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>1</b>
<b>1 AUSGANGSLAGE UND ZIEL</b> .....	<b>2</b>
<b>2 VERGLEICH DER BEMESSUNGSGRUNDLAGEN</b> .....	<b>2</b>
2.1 EINWIRKUNGEN.....	2
2.1.1 <i>Tragsicherheitsnachweise</i> .....	2
2.1.2 <i>Gebrauchstauglichkeitsnachweise</i> .....	4
2.2 HOLZEIGENSCHAFTEN.....	4
2.2.1 <i>Festigkeiten</i> .....	4
2.2.2 <i>Steifigkeiten</i> .....	6
2.3 PLATTENEIGENSCHAFTEN .....	8
2.3.1 <i>Allgemeines</i> .....	8
2.3.2 <i>Plattenfestigkeitswerte</i> .....	9
2.3.3 <i>Nageltragfähigkeitswerte</i> .....	10
2.3.4 <i>Plattensteifigkeiten</i> .....	11
2.4 ANNAHMEN FÜR STATISCHE SYSTEME .....	11
2.4.1 <i>Vereinfachter Nachweis</i> .....	11
2.4.2 <i>Ausführlicher Nachweis</i> .....	13
2.4.3 <i>Knotenpunktidealisierung</i> .....	14
<b>3 VERGLEICH DER BEMESSUNGSVERFAHREN</b> .....	<b>22</b>
3.1 NACHWEIS DER STÄBE.....	22
3.2 NACHWEIS DER PLATTEN .....	24
3.2.1 <i>Anzusetzende Plattengrößen</i> .....	24
3.2.2 <i>Nageltragfähigkeit</i> .....	26
3.2.3 <i>Plattentragfähigkeit</i> .....	27
<b>4 LITERATUR UND VERWENDETE NORMEN</b> .....	<b>29</b>

## 1 Ausgangslage und Ziel

Nagelplattenkonstruktionen werden in absehbarer Zeit nach dem Eurocode 5 (DINV ENV 1995-1-1) zu bemessen sein. Der Eurocode 5 [1] basiert auf einem semi - probabilistischem Sicherheitskonzept, während der zur Zeit gültigen DIN 1052 [3], [4] eine deterministische Betrachtungsweise zugrunde liegt. Die Nachweisverfahren der beiden Normen weichen in einigen wesentlichen Punkten voneinander ab. Zudem liegen die für die Berechnung nach Eurocode 5 erforderlichen charakteristischen Tragfähigkeitswerte für Nagelplatten noch nicht vor.

Es besteht daher der Bedarf, die Bemessungsregeln und die charakteristischen Werte derart aufeinander abzustimmen, daß das derzeitige Sicherheits- und Wirtschaftlichkeitsniveau gehalten werden kann.

Ziele des Teilprojektes „Vergleichende Bewertung von Bemessungsverfahren für Nagelplattenkonstruktionen“ (E 92/7p) waren:

- die Gegenüberstellung der Nachweisverfahren der beiden Normen und
- die qualitative Bewertung der Unterschiede.

## 2 Vergleich der Bemessungsgrundlagen

### 2.1 Einwirkungen

#### 2.1.1 Tragsicherheitsnachweise

Das Bemessungskonzept des EC5 bedient sich der Methode der Teilsicherheitsbeiwerte. Dabei werden sowohl Sicherheiten für die Einwirkungen als auch für die Festigkeiten angesetzt.

Die Einwirkungen für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen ( Grundkombination ) sind nach Gleichung 2.3.2.2a des EC5 wie folgt zu ermitteln:

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} \cdot \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{EC5 Gl.(2.3.2.2a)}$$

$G_{k,j}$	=	charakteristische Werte der ständigen Einwirkungen	DIN 1055
$Q_{k,i}$	=	charakteristische Werte der veränderlichen Einwirkungen	DIN 1055
$\gamma_{G,j}$	=	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen	EC5 Tab. 2.3.3.1
$\gamma_{Q,i}$	=	Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen	EC5 Tab. 2.3.3.1
$\Psi_{0,i}$	=	Kombinationsbeiwert, der die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens verschiedener veränderlicher Einwirkungen berücksichtigt.	NAD Tab. 2.2-1

Dabei sind gemäß dem Nationalen Anwendungsdokument zum Eu-

rocode 5 (NAD) [2] „als charakteristische Werte der Einwirkungen grundsätzlich die Werte der DIN Normen, insbesondere die Werte der Normenreihe DIN 1055, und gegebenenfalls der bauaufsichtlichen Ergänzungen und Richtlinien“ anzusetzen. Diese Regelung gilt bis zur bauaufsichtlichen Gültigkeit des Eurocode 1.

Die charakteristischen Werte der Einwirkungen entsprechen damit den Lastannahmen für eine Berechnung nach DIN 1052.

Die Kombinationsbeiwerte  $\psi_{0,i}$  ( $< 1$ ) berücksichtigen die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens der Maximalwerte verschiedener veränderlicher Einwirkungen.

Eine ähnliche Regelung findet sich für die Bemessung nach nationalen Normen auch in der z.Zt. gültigen DIN 1055 [5], in der für die gleichzeitige Einwirkung von Schnee und Wind die ungünstigere Kombination aus:

$$s+w/2$$

oder

$$s/2+w$$

angesetzt werden kann.

Die infolge dieser Lastkombination ermittelten Spannungen sollen dann den zulässigen Spannungen des Lastfall H gegenübergestellt werden.

Die Erhöhung der zulässigen Spannungen für den Lastfall HZ (z.B., wenn von der obigen Regelung der DIN 1055 kein Gebrauch gemacht wird) ist ebenfalls zum Teil durch die geringere Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens der Maximalwerte verschiedener veränderlicher Einwirkungen begründet. (Mit dem LF HZ wird aber zugleich auch der Einfluß der Dauer der Lasteinwirkung berücksichtigt; s. Abschnitt 2.2.1).

DIN 1055 T.5 5.1 u.  
DIN 1055 T.4 4  
Erläuterungen zur  
DIN 1055 T.4 4

Erläuterungen zur  
DIN 1052 T.1 5.1.6

Bei Berechnungen nach dem EC5 vergrößern sich für die meisten Nagelplattenbinder die Lastanteile der Obergurte gegenüber denen der Untergurte im Vergleich zu Berechnungen nach DIN 1052. Dies liegt daran, daß die Obergurte i.d.R. durch ständige und veränderliche Einwirkungen, die Untergurte nur durch ständige Einwirkungen beansprucht werden. Die veränderlichen Lasten werden aber mit größeren Teilsicherheitsbeiwerten belegt.

Beispiel:

		DIN	EC5	EC5/DIN
Obergurt	Eigengewicht	0,45	1,35-0,45	
	Schnee	1,00	1,50-1,00	
	Gesamt	1,45	2,10	1,45
Untergurt	Eigengewicht	0,40	1,35-0,40	1,35

Alle Einwirkungen in kN/(m<sup>2</sup> Gfl.)

Tabelle 1: Vergleich der Einwirkungen

## 2.1.2 Gebrauchstauglichkeitsnachweise

Für Gebrauchstauglichkeitsnachweise werden die  $\gamma_{Q,i} = 1$ -fachen Einwirkungen kombiniert.

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

EC5 Gl.(4.1a)

Durch die Kombinationsbeiwerte  $\psi_{1,i} (< \psi_{0,i})$  ergeben sich für Lastkombinationen mit mehr als zwei Einwirkungen immer kleinere Beanspruchungen als nach DIN 1052 bzw. DIN 1055.

## 2.2 Holzeigenschaften

### 2.2.1 Festigkeiten

Die Bauteilfestigkeiten sind nach EC5 außer mit einem Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffe noch mit einem Modifikationsbeiwert  $k_{mod}$  zu versehen.

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

EC5 Gl.(2.2.3.2a)

$X_d$  = Bemessungswert der Baustoffeigenschaft

$X_k$  = Charakteristischer Wert der Baustoffeigenschaft

$k_{mod}$  = Modifikationsbeiwert zur Berücksichtigung der Lastdauer und der Holzfeuchte

$\gamma_M$  = Teilsicherheitsbeiwert der Baustoffeigenschaft

z.B. NAD Tab. 3.2-1

EC5 Tab. 3.1.7

EC5 Tab. 2.3.3.2

Der Modifikationsbeiwert  $k_{mod}$  berücksichtigt den Festigkeitsabfall in Abhängigkeit der Lastdauer und der Holzfeuchte.

Zur Ermittlung der Lastdauer werden die Einwirkungen sogenannten Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) zugeordnet.

Bei Kombinationen von Einwirkungen, die zu unterschiedlichen Klassen der Lasteinwirkungsdauer gehören, wird der  $k_{mod}$ -Wert der kürzesten Dauer gewählt.

EC5 Tab. 3.1.6 u.

NAD Tab. 3.1.1

EC5 3.1.7(2)

Die Holzfeuchte wird über Nutzungsklassen definiert. Die Nutzungsklassen beschreiben klimatische Bedingungen, aus denen mittlere Gleichgewichtsfeuchten für Nadelhölzer abgeleitet werden können.

EC5 3.1.5

Eine ähnliche Abminderung der Festigkeiten für Holzfeuchten  $u > 18\%$  ( $\cong$  Nutzungsklasse 2) bzw. für Bauteile die ständig im Wasser stehen ( $\cong$  Nutzungsklasse 3) findet sich auch in der DIN 1052.

Die Erhöhung der zulässigen Spannungen im LF HZ berücksichtigt u. a. den Einfluß der Lasteinwirkungsdauer.

DIN 1052 T.1 5.1.7

Erläuterungen zur  
DIN 1052 T.1 5.1.6

Die charakteristischen Festigkeitswerte sind im NAD festgelegt bis die entsprechenden europäischen Materialnormen (EN 384 für Vollholz) bauaufsichtlich eingeführt werden.

Im folgenden sollen die Festigkeiten von Vollholz S10/MS10 nach DIN 1052 T.1 A1 und NAD miteinander verglichen werden. Die Beschränkung ist sinnvoll, da in den zur Zeit gültigen Bauaufsichtlichen Zulassungen nur Vollholz dieser Festigkeitsklasse vorgesehen ist.

s. z.B. BAZ 9.1-52

Es wird davon ausgegangen, daß die Spannungen aus einer Beanspruchung mit 40% Eigengewicht und 60% Schneelast resultieren und das Bauwerk der Nutzungsklasse 1 zugewiesen werden kann.

$$\begin{aligned} \Rightarrow \quad \gamma_M &= 1,3 \\ \text{KLED} &= \text{kurz (Schnee)} \\ k_{\text{mod}} &= 0,9 \\ \gamma_F &= 1,35 \cdot 0,40 + 1,50 \cdot 0,60 = 1,44 \end{aligned}$$

Annahme f. KLED:  
 $s_o \leq 2,0 \text{ kN/m}^2$

Um die Festigkeiten miteinander vergleichen zu können, müssen die im NAD angegebenen charakteristischen Werte mit:

$$X_k \cdot \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M \cdot \gamma_F} = X_k \cdot \frac{0,9}{1,3 \cdot 1,45} = X_k \cdot 0,48 \quad \text{multipliziert werden}$$

s. 3. Spalte

Die folgende Tabelle 2 zeigt eine Gegenüberstellung der Festigkeiten

NAD Tab. 3.2.1  
DIN 1052 A1 Tab. 5a

	EC5		DIN 1052	EC5/DIN
Biegung	$f_{m,k}=24,0$	11,53	zul $\sigma_B=10,0$	1,15
Zug // Faser	$f_{t,0,k}=14,0$	6,73	zul $\sigma_{Z//}=7,00$	0,96
⊥ Faser	$f_{t,90,k}=0,2$	0,096	zul $\sigma_{Z\perp}=0,05$	1,92
Druck // Faser	$f_{c,0,k}=21,0$	10,10	zul $\sigma_{D//}=8,50$	1,19
⊥ Faser	$f_{c,90,k}=5,0$	2,40	zul $\sigma_{D\perp}=2,00$	1,20
Schub // Faser	$f_{v,k}=2,5$	1,20	zul $\tau_a=0,90$	1,33
⊥ Faser	$f_{v,k}=2,5$	1,20	zul $\tau_Q=0,90$	1,33
Torsion	$f_{v,k}=2,5$	1,20	zul $\tau_T=1,00$	1,20
Alle Festigkeiten in $\text{N/mm}^2$				

Tabelle 2: Rechenwerte der Bemessung

Die Tabelle 2 zeigt, daß die im NAD angeführten Festigkeiten durchweg günstiger als die im Anhang 1 der DIN 1052 angegebenen sind. Gegenüber der DIN 1052 (04.88) sind jedoch die aufnehmbaren Zugspannungen um 20% geringer.

zul  $\sigma_{Z//}=8,50 \text{ N/mm}^2$

Die Festigkeiten des NAD führen daher tendenziell zu stärker dimensionierten Zuggliedern und schlanker dimensionierten Druck- und Biegegliedern als die Angaben von DIN 1052 (04.88).



Wie bereits oben erläutert, beeinflusst die Einordnung der Einwirkungen in Klassen der Lasteinwirkungsdauer über den Modifikationsbeiwert  $k_{mod}$  die Größe des Bemessungswertes der Bauteilfestigkeit.

Dabei ist der  $k_{mod}$ -Wert für die kürzeste Lasteinwirkungsdauer anzusetzen.

Im NAD werden sowohl Wind- als auch Schneebelastungen ( $s_o \leq 2,0 \text{ kN/m}^2$ ) als kurzfristig wirkend angenommen. Es ist für alle Lastkombinationen mit Eigengewicht, Schnee und Wind mit dem gleichen  $k_{mod}$ -Wert zu rechnen.

Damit wird z.B. für Dachbinder mit einer Dachneigung  $> 30^\circ$  die Lastkombination Eigengewicht+Schnee+Wind in Binderebene gegenüber der Kombination Eigengewicht + Schnee maßgebend.

Für Dachbinder, die an Dachverbände angeschlossen sind, wird in der Regel die Lastkombination Eigengewicht+Schnee+Umlenkkräfte aus der Verbandsbelastung maßgebend.

Bei Berechnungen nach DIN 1052 waren diese Lastkombinationen meist durch die Erhöhung der zulässigen Spannungen im LF HZ abgedeckt.

### 2.2.2 Steifigkeiten

EC5	DIN1052 A1
$E_{0,mean}=11.000 \text{ N/mm}^2$	$E_{II}=10.000 \text{ N/mm}^2$
$E_{0,05}=7.400 \text{ N/mm}^2$	
$G_{0,mean}=690 \text{ N/mm}^2$	$G=500 \text{ N/mm}^2$
$G_{0,05}=460 \text{ N/mm}^2$	

NAD Tab. 3.2-1

DIN 1052 A1 Tab. 1

**Tabelle 3: Rechenwerte der Elastizitäts- und Schubmoduln**

Die charakteristischen Steifigkeitswerte werden im NAD festgelegt, bis die entsprechenden europäischen Materialnormen (EN 384 für Vollholz) maßgebend werden.

Es werden sowohl die Mittelwerte als auch die 5%-Fraktile der Elastizitäts- und Schubmoduln angegeben. DIN 1052 Teil 1 enthält demgegenüber nur jeweils einen Rechenwert der Elastizitäts- und Schubmoduln, der etwa dem Mittelwert der Materialeigenschaften entspricht.

Für Gebrauchstauglichkeitsnachweise ist im EC5 mit dem Mittelwert der Steifigkeiten zu rechnen.

EC5 4.1(3)

Die größeren Steifigkeiten des NAD (bei i.d.R. gleich großen oder niedrigeren Belastungen, siehe Kapitel 2.1.2) ergeben geringere rechnerische Verformungen als nach DIN 1052.

Allerdings sollen nach EC5 Kriechverformungen bei der Berechnung der Endverformungen immer berücksichtigt werden, während dies nach DIN 1052 nur für Verhältnisse  $g/q > 0,5$  vorgeschrieben ist.

**EC5 4.1(4)**  
**DIN 1052 T.1 4.3**

Der EC5 enthält keine Angaben dazu, mit welchen Steifigkeitswerten für die Ermittlung der Schnittkräfte statisch unbestimmter Tragwerke gerechnet werden soll.

Es erscheint sinnvoll, auch bei der Ermittlung der Schnittkräfte an statisch unbestimmten Systemen, die aus vielen Stäben mit verschiedenen Werkstoffen (z.B. Stahl und Holz) zusammengesetzt sind, mit den Mittelwerten der Elastizitäts- und Schubmoduln zu rechnen, da nicht erwartet werden sollte, daß alle Stäbe in gleicher Weise vom Mittelwert abweichende Steifigkeiten aufweisen.

Bei statisch unbestimmten Systemen, die aus wenigen Stäben mit verschiedenen Werkstoffen zusammengesetzt sind, kann z.B. ein kleinerer Elastizitätsmodul in einem Holzstab zu einer Kraftumlagerung auf die benachbarten Stäbe führen. Inwieweit bei solchen Systemen mit den Mittelwerten der Steifigkeit gerechnet werden kann, sollte bei der anstehenden Überarbeitung des EC5 geklärt werden.

Für statisch bestimmte Stabwerkssysteme gibt es keinen Einfluß der anzusetzenden Elastizitäts- und Schubmoduln auf die Schnittkraftverteilung.

Wenn ein Verformungsnachweis für die Tragsicherheit des Systems maßgebend ist, so ist er mit den für Tragsicherheitsnachweise kombinierten Einwirkungen nach Gl. 2.3.2.2a des EC5 zu führen.

Es wird im EC5 nicht explizit geregelt, mit welchem Wert der Elastizitäts- und Schubmoduln in diesem Fall zu rechnen ist. Aus dem Abschnitt 2.3.2.1 des EC5 kann lediglich entnommen werden, daß

**EC5 2.3.2.1**

vermutlich der Bemessungswert der Steifigkeiten anzusetzen ist. Bei Verformungen von Bauteilen, die aus mehreren (Holz-)Stäben bestehen, ist der Ansatz des Bemessungswertes der 5%-Fraktile:

$$E_{0,05,d} = \frac{E_{0,05} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} \text{ sicherlich zu ungünstig, da nicht erwartet werden}$$

kann, daß alle Stäbe in gleicher Weise vom Mittelwert abweichende Steifigkeiten aufweisen.

Der Ansatz des Bemessungswertes des Mittelwertes:

$$E_{0,mean,d} = \frac{E_{0,mean} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} \text{ ist vermutlich realistischer, wobei nach An-}$$

sicht der Verfasser auch über die Notwendigkeit des Ansatzes von  $\gamma_M$  diskutiert werden kann.

Es ist unklar, wie Kriechverformungen zu berücksichtigen sind. Eine Berechnung mit Bemessungswerten der Steifigkeit unter Berücksichtigung des Kriechbeiwertes  $k_{def}$  erscheint sehr ungünstig. Eine

mögliche Alternative wäre der Ansatz des Mittelwertes der Steifigkeit unter Berücksichtigung von  $k_{def}$ .

Es wird im folgenden der Verformungsnachweis für einen Aussteifungsverband betrachtet. Der Verband sei nur durch Seitenlasten beansprucht. Die zugehörigen Vertikallasten setzen sich zu 40% aus Eigengewicht und zu 60% aus Schnee zusammen. Die Nutzungsklasse sei 1.

EC5 5.4.5.3

⇒  $\gamma_M = 1,3$   
 KLED = kurz (Schnee)  
 $k_{mod} = 0,9$   
 $\gamma_{G,1} = 1,35$  (Eigengewicht)  
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$  (Schnee)  
 $k_{def,1} = 0,60$  (Eigengewicht)  
 $k_{def,2} = 0,00$  (Schnee)

Annahme:  
 $s_o \leq 2,0 \text{ kN/m}^2$

EC5 Tab. 4.1

EC5				DIN 1052
$\frac{E_{0,05} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$	$\frac{E_{0,mean} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$	$E_{0,mean} \cdot k_{mod}$	$E_{0,mean}$ mit $k_{def}$	$E_{//}$
5123 N/mm <sup>2</sup>	7615 N/mm <sup>2</sup>	9900 N/mm <sup>2</sup>	11000 N/mm <sup>2</sup>	10000 N/mm <sup>2</sup>
(1,35·0,4+ +1,5·0,6)·q <sub>s</sub>	(1,35·0,4+ +1,5·0,6)·q <sub>s</sub>	(1,35·0,4+ +1,5·0,6)·q <sub>s</sub>	(1,35·0,4·(1+0,6) +1,5·0,6)·q <sub>s</sub>	q <sub>s</sub>
max f = l/700	max f = l/700	max f = l/700	max f = l/700	max f = l/1000
erf l = 2,56·10 <sup>-3</sup> ·l <sup>3</sup>	erf l = 1,72·10 <sup>-3</sup> ·l <sup>3</sup>	erf l = 1,33·10 <sup>-3</sup> ·l <sup>3</sup>	erf l = 1,46·10 <sup>-3</sup> ·l <sup>3</sup>	erf l = 1,18·10 <sup>-3</sup> ·l <sup>3</sup>
2,2	1,5	1,1	1,2	1

Tabelle 4: Vergleich der erforderlichen Verbandssteifigkeiten für verschiedenen Rechenansätze

Es ergeben sich deutlich unterschiedliche Ergebnisse für die verschiedenen angesetzten Steifigkeiten.

## 2.3 Platteneigenschaften

### 2.3.1 Allgemeines

Festigkeits- und Steifigkeitswerte für Nagelplatten sollen in Zukunft europäischen bauaufsichtlichen Zulassungen entnommen werden. Die Festigkeits- und Steifigkeitswerte sind dabei gemäß prEN 1075 [6] bzw. EN 26891 [7] zu ermitteln.

Da es noch keine europäischen Zulassungen für Nagelplatten gibt, werden die charakteristischen Werte der Festigkeiten vorübergehend den nationalen Bauaufsichtlichen Zulassungen (BAZ) zu entnehmen sein.

EC5 D6.3(1), D6.4,  
D2(3)

NAD D6.3(1), D6.4

EHLBECK/KURZWEIL [8] erarbeiteten einen Regelungsentwurf für Nagelplatten, in dem von zulässigen Spannungen der z.Zt. gültigen BAZ auf charakteristische Festigkeiten geschlossen wird. Dabei wurden Ergebnisse aus Versuchen berücksichtigt. Es handelt sich hier um ein nicht veröffentlichtes Arbeitspapier. Die weiteren Betrachtungen werden auf der Basis diese Regelungsentwurfes angestellt.

Es sei darauf hingewiesen, daß durch die im Laufe der Jahre mehrfach geänderten Prüfverfahren, die den derzeitigen BAZ zugrunde liegen, Abweichungen zu Prüfungen nach prEN 1075 erwartet werden können.

### 2.3.2 Plattenfestigkeitswerte

*Ehlbeck/Kurzweil* ermittelten die (fiktiven) charakteristischen Plattenzugfestigkeiten  $f_{t,\alpha,k}$  zu:

$$f_{t,\alpha,k} = 2,4 \cdot \text{zul } F_{Z,\alpha}$$

Für die (fiktive) charakteristische Platten-Druckfestigkeit  $f_{c,\alpha,k}$  wird der kleinere Wert:

$$f_{c,\alpha,k} = 1,6 \cdot \text{zul } F_{D,\alpha}$$

empfohlen, da im EC5 - anders als in DIN 1052 - i.a. kein Kontakt der Hölzer in den Fugen gefordert wird. Bei Fugendicken > 2mm sollen Druckbeanspruchungen allein über die Nagelplatten übertragen werden. Die Druckfestigkeiten wurden daher infolge der Beulgefahr niedriger angesetzt als die Zugfestigkeiten. In den deutschen Zulassungen für Nagelplatten findet man hierfür gleiche Werte.

DIN 1052 T.2 10.4  
EC5 D6.5.1(2)

Die (fiktive) charakteristische Scherfestigkeit wird von *Ehlbeck/Kurzweil* zu:

$$f_{v,k} = 2,4 \cdot \text{zul } F_{S,\alpha} \quad \text{bestimmt.}$$

Im folgenden sollen diese fiktiven charakteristischen Plattenfestigkeiten mit den zulässigen Spannungen der gültigen BAZ verglichen werden. Dazu wird wieder ein Nagelplattenbinder betrachtet, dessen Beanspruchungen zu 40% aus Eigengewicht und zu 60% aus Schnee herrühren. Das Bauwerk soll der Nutzungsklasse 1 zugewiesen sein.

$$\gamma_M = 1,1 \quad (\text{Stahl!})$$

$$\gamma_F = 1,35 \cdot 0,40 + 1,50 \cdot 0,60 = 1,44$$

EC5 Tab. 2.3.3.2  
EC5 D6.3(2)

$$\frac{f_{t,\alpha,k}}{\gamma_M \cdot \gamma_F} = \frac{2,4}{11 \cdot 1,44} \cdot \text{zul } F_{Z,\alpha} = 1,52 \cdot \text{zul } F_{Z,\alpha}$$

$$\frac{f_{c,\alpha,k}}{\gamma_M \cdot \gamma_F} = \frac{1,6}{11 \cdot 1,44} \cdot \text{zul } F_{D,\alpha} = 1,01 \cdot \text{zul } F_{D,\alpha}$$

$$\frac{f_{v,k}}{\gamma_M \cdot \gamma_F} = \frac{2,4}{11 \cdot 1,44} \cdot \text{zul } F_{S,\alpha} = 1,52 \cdot \text{zul } F_{S,\alpha}$$

Der Vergleich zeigt, daß die fiktiven Plattenfestigkeiten für Zug- und Scherbeanspruchung deutlich günstiger und für Druckbeanspruchungen etwa gleich gut wie nach deutscher Bestimmung ausfallen.

### 2.3.3 Nageltragfähigkeitswerte

Die (fiktiven) charakteristischen Nageltragfähigkeitswerte werden von *Ehlbeck/Kurzweil* zu:

$$f_{t,\alpha,\beta,k} = 2,0 \cdot \text{zul } F_{n(\alpha,\beta)} \quad \text{bestimmt.}$$

Der Vergleich ergibt hier:

$$k_{\text{mod}} = 0,90$$

$$\gamma_M = 1,3 \quad (\text{Holz!})$$

$$\gamma_F = 1,35 \cdot 0,40 + 1,50 \cdot 0,60 = 1,44$$

$$\frac{f_{a,\alpha,\beta,k} \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_M \cdot \gamma_F} = \frac{2,0 \cdot 0,90}{1,3 \cdot 1,44} \cdot \text{zul } F_{n(\alpha,\beta)} = 0,96 \cdot \text{zul } F_{n(\alpha,\beta)}$$

NAD D6.4  
EC5 Tab. 2.3.3.2

Die fiktiven Nageltragfähigkeitswerte entsprechen unter Berücksichtigung der Teilsicherheits- und Modifikationsbeiwerte etwa den zulässigen Belastungen der BAZ

Der EC5 sieht die Ermittlung der Nageltragfähigkeiten  $f_{a,\alpha,\beta,d}$  aus den Eckwerten  $f_{a,0,0,d}$  und  $f_{a,90,90,d}$  und Beiwerten  $k_1$ ,  $k_2$  und  $\alpha_0$  vor.

EC5 D6.4

$$f_{a,\alpha,\beta,d} = \max \begin{cases} f_{a,\alpha,0,d} - (f_{a,\alpha,0,d} - f_{a,90,90,d}) \beta / 45^\circ \\ f_{a,0,0,d} - (f_{a,0,0,d} - f_{a,90,90,d}) \sin(\max(\alpha, \beta)) \end{cases}$$

für  $\beta \leq 45^\circ$ ; oder

$$f_{a,0,0,d} - (f_{a,0,0,d} - f_{a,90,90,d}) \sin(\max(\alpha, \beta))$$

für  $45^\circ < \beta \leq 90^\circ$

der Bemessungswert der Nageltragfähigkeit in Faserrichtung ergibt sich zu:

$$f_{a,\alpha,0,d} = \begin{cases} f_{a,0,0,d} + k_1 \alpha & \text{für } \alpha \leq \alpha_0 \\ f_{a,0,0,d} + k_1 \alpha_0 + k_2 (\alpha - \alpha_0) & \text{für } \alpha_0 < \alpha \leq 90^\circ \end{cases}$$

Alternativ können die Werte aus Versuchen abgeleitet und tabelliert werden.

Da viele ältere Nagelplattenzulassungen nicht auf Versuchen nach prEN 1075 basieren, wurde im Regelungsentwurf von *Ehlbeck/Kurzweil* auf die Bestimmung von  $k_1$ ,  $k_2$  und  $\alpha_0$  verzichtet; es wird vorgeschlagen, die kompletten Tabellen der Nageltragfähigkeiten umzurechnen.

#### 2.3.4 Plattensteifigkeiten

Es finden sich keine Hinweise für die Ermittlung von Plattensteifigkeiten zur Anwendung im EC5 aus Werten der z.Zt. gültigen BAZ.

Die in einigen neueren BAZ angegebenen Verschiebungsmoduln für die Berechnung von Preßbalken wurden aber bereits gemäß EN 26891 ermittelt.

Es wird hier daher zunächst davon ausgegangen, daß die in diesen BAZ angegebenen Verschiebungsmoduln auch für Berechnungen nach EC5 anwendbar sind.

Für die BAZ, in denen keine Angaben zu den Verschiebungsmoduln gemacht werden, sollten entsprechende Werte ermittelt oder festgelegt werden. Denkbar wäre z.B. eine Festlegung auf den in DIN 1052 angegebenen Wert:

$$k_{ser} = 300 \text{ N/mm pro cm}^2 \text{ Anschlußfläche}$$

bzw.  $k_u = \frac{2}{3} \cdot 300 = 200 \text{ N/mm pro cm}^2 \text{ Anschlußfläche}$

s. z.B. BAZ 9.1-210

DIN 1052 T.2 13 und Erläuterungen zu DIN 1052 T.2 13 siehe EC5 D2(4)

Für eine Berechnung von Nagelplattenbindern nach dem genaueren Nachweis, wie im allgemeinen für Verformungsberechnungen, wird in Zukunft die Angabe von Verschiebungsmoduln für jede Nagelplatte erforderlich sein.

### 2.4 Annahmen für statische Systeme

#### 2.4.1 Vereinfachter Nachweis

Der EC5 unterscheidet zwischen einem ausführlichen und einem vereinfachten Nachweis für Fachwerkträger.

EC5 5.4.1.2  
5.4.1.3

Beim vereinfachten Nachweis können die Stabnormalkräfte mit der Fachwerkanalogie ermittelt werden.

EC5 5.4.1.3(2) u. (3)

Fachwerke dürfen auch nach DIN 1052 mit Hilfe der Fachwerkanalogie berechnet werden.

DIN 1052 T.1 8.4.3

Sämtliche Systemlinien sollen innerhalb der Ansichtsfläche des jeweiligen Stabes liegen. Die Achsen der Randstäbe sollen mit denen der entsprechenden Stäben übereinstimmen.

EC5 5.4.1.1 P(2)

Zusätzlich gibt es die Forderung, daß „Fachwerkbinder für die Ermittlung der Schnittgrößen durch Balkenelemente dargestellt werden, die entlang der Systemlinien verlaufen und in den Knotenpunkten miteinander verbunden werden“.

EC5 5.4.1.1 P(1)

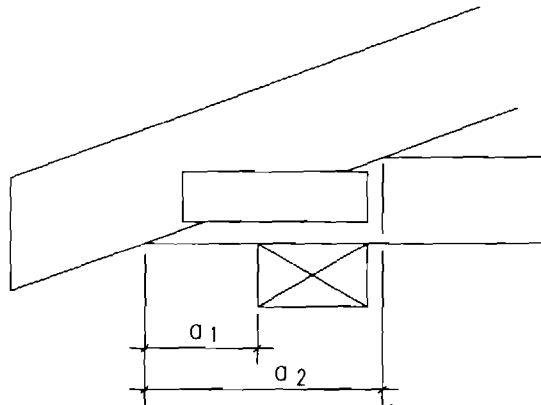
Zusammen mit der Annahme eines Fachwerkmodelles mit gelenkigen Verbindungen, erhält man für Systeme, die nach dem vereinfachten Nachweis berechnet werden können, i.d.R. Knotenpunkte, bei denen sich die Achsen der angeschlossenen Stäbe in der Gurtansichtsfläche schneiden.

**EC5 5.4.1.3 (2)**

**DIN 1052 T.1 6.6**

Auflager dürfen als gelenkig betrachtet werden, wenn mindestens die Hälfte der Auflagerbreite unterhalb der Traufplatte liegt und  $a_2$  in der nachfolgenden Abbildung größer als  $a_1/3$  und größer als 100 mm ist.

**EC5 D4.2**



**Abbildung 1: Regeln für eine gelenkige Lagerung**

Die Vorschrift ist aber zugleich eine Bedingung, um den vereinfachten Nachweis überhaupt führen zu dürfen.

**EC5 5.4.1.3**

Daher dürfen Auflager beim vereinfachten Nachweis immer als gelenkig ausgebildet angesehen werden.

Die Verschieblichkeit der Verbindungsmittel ist i.d.R. nicht zu berücksichtigen.

Auflager oder ausmittige Anschlüsse können mit fiktiven Balkenelementen dargestellt werden (s.a. Abschnitt 2.4.3).

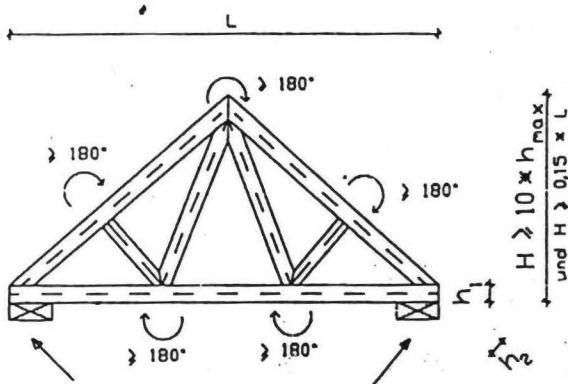
**EC5 5.4.1.1 (3)**

### 2.4.2 Ausführlicher Nachweis

Der vereinfachte Nachweis ist jedoch nicht zulässig, wenn der äußere Winkel zwischen zwei Randstäben kleiner als  $180^\circ$  ist, die Auflagerfläche nicht unterhalb des Auflagerknotenpunktes liegt oder die Höhe des Fachwerkbinders kleiner als 15 % der Stützweite oder kleiner als die 10-fache Gurthöhe ist.

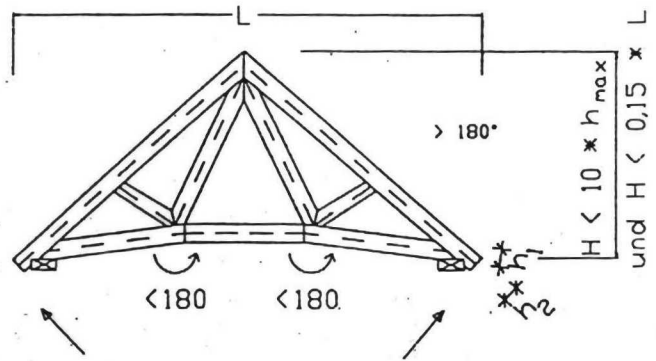
EC5 5.4.1.3 (1)

vereinf. Nachweis möglich:



Auflagerfläche teilweise unterhalb des Auflagerknotenpunktes

vereinf. Nachweis nicht möglich:



Auflagerfläche außerhalb des Auflagerknotenpunktes

Abbildung 2: Bedingungen für die Anwendbarkeit des vereinfachten Nachweises

Dies bedeutet, daß z.B. die Schnittkräfte in Scherenbindern, den meisten parallelgurtigen Aussteifungsträgern sowie in symmetrischen Satteldachträgern mit Dachneigungen kleiner  $16,7^\circ$  nach dem ausführlichen Nachweis gerechnet werden sollen.

Beim ausführlichen Nachweis sind die Fachwerkbinder als Rahmentragwerke unter Berücksichtigung der Verformung der Stäbe und Verbindungen, dem Einfluß von Auflagerausmittigkeiten sowie der Steifigkeit der Unterkonstruktion zu berechnen.

EC5 5.4.1.2 P(1)

Die Drehfedersteifigkeiten der Anschlüsse brauchen i.d.R. nicht berücksichtigt werden.

EC5 5.4.1.2 (5)

Die Verschiebungen in Verbindungen dürfen bei der Bemessung vernachlässigt werden, wenn dadurch die Verteilung der Stabkräfte und -momente nicht wesentlich beeinflusst wird.

EC5 5.4.1.2 (6)  
(Diese Festlegung steht eigentlich der verbindlichen Regel EC5 5.4.1.2 P(1) entgegen!)

Die Berücksichtigung von Verbindungsmittelverschieblichkeiten und Exzentrizitäten erfordert i.d.R. eine iterative Ermittlung der Schnittgrößen.



## 2.4.3 Knotenpunktidealisierung

### 2.4.3.1 Allgemeines

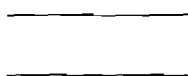
Der EC5 enthält zur Idealisierung von Knotenpunkten im statischen System den Hinweis, daß die Richtung fiktiver Balkenelemente möglichst mit der Krafrichtung im Stab übereinstimmen sollte (Diese Forderung wird aber bei den meisten in der Literatur vorgeschlagenen Knotenpunktidealisierungen nicht erfüllt!).

**EC5 5.4.1.1(3)**

Es müssen für alle Knotenpunkttypen Idealisierungen gefunden werden, die zu realistischen Schnittkraftverteilungen im statischen System führen und gleichzeitig eine eindeutige Zuordnung der Schnittgrößen für die Anschlußflächen der Platten erlauben.

Im Folgenden sollen Knotenpunktidealisierungen betrachtet werden, die zum größten Teil Veröffentlichungen von RIBERHOLT (11), [12], [13] und [14]) entnommen wurden.

Die in den Darstellungen verwendeten Symbole sind in der nachfolgenden Abbildung erläutert:



Holzstab



Nagelplatte



Systemlinie für die Darstellung der Holzstäbe im statischen System



fiktives Balkenelement



gelenkige Verbindung



biegesteife Verbindung

**Abbildung 3: Verwendete Symbole**

### 2.4.3.2 Verbindungen zwischen Gurt und Diagonale

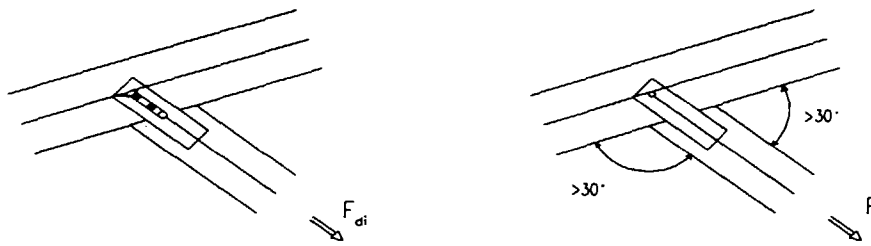


Abbildung 4: Verbindungen zwischen Gurt und Diagonale

Die oben gezeigten Varianten sind für die Ermittlung der Schnittgrößen gleichwertig, wenn die Verbindung als gelenkig betrachtet werden kann, bzw. nur eine geringe Drehfedersteifigkeit aufweist. Die gezeigten Varianten liefern identische Beanspruchungen für die Nagelplatte, wenn der angeschlossene Diagonalstab nur durch Längskräfte beansprucht ist und keine Druckkräfte über Kontakt übertragen werden.

Wird der Kontakt hingegen berücksichtigt, so ergibt sich eine rechnerische Scherkomponente parallel zur Fuge, die einen Hebelarm zu den Schwerpunkten der Plattenanschlußflächen hat. In diesem Fall führt die rechte Variante zu sehr großen Versatzmomenten für die Anschlußfläche am Diagonalstab.

### 2.4.3.3 Traufknoten mit zentraler Unterstützung

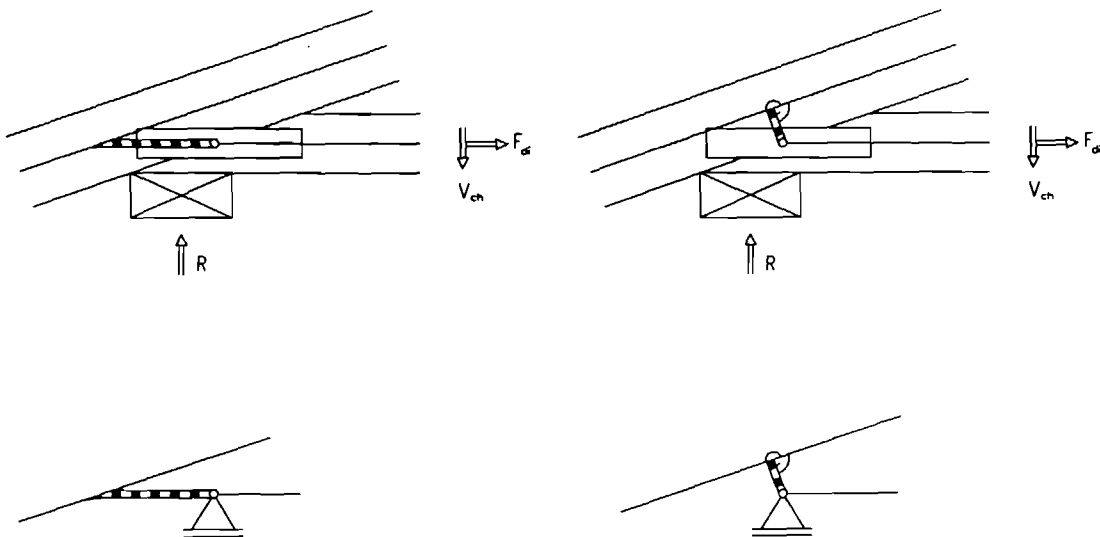


Abbildung 5: Traufknoten mit zentraler Unterstützung

Die in Abbildung 5 dargestellten Varianten sind zulässig für Auflagerknoten, bei denen die Wirkungslinie der Auflagerkraft etwa durch das Gelenk in der Fuge verläuft.

Die erste Variante liefert wegen des größeren Hebelarmes zwischen der Systemlinie des Obergurtes und dem Gelenk deutlich größere Stabendmomente im Obergurt sowie größere Plattenbelastungen.

Für eine Idealisierung nach Abbildung 6, die für eine Berechnung mit dem vereinfachten Verfahren naheliegt, ergeben sich für querbelastete Untergurte unrealistisch große Versatzmomente in den Schwerpunkten der Plattenanschlußflächen.

Auch beim vereinfachten Nachweis sollte daher für den Nachweis der Nagelplatten das Gelenk in der Fuge angenommen werden.

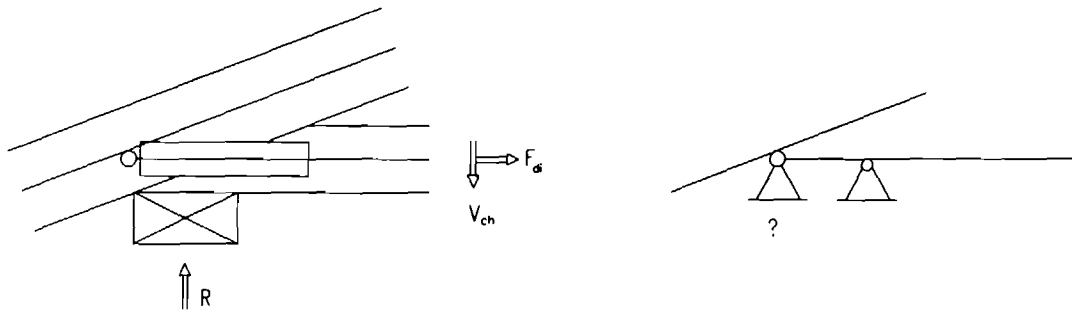


Abbildung 6: Traufknoten mit zentrischer Unterstuetzung, Alternative

#### 2.4.3.4 Traufknoten mit eingeruecktem Auflager, ohne Keil

Für Traufknoten ohne Keil, bei denen die Wirkungslinie nicht durch das Gelenk in der Fuge läuft, schlagen die Verfasser die folgende Idealisierung vor, da hier das fiktive Balkenelement mehr in Richtung der zu übertragenden Kraft ausgerichtet ist.

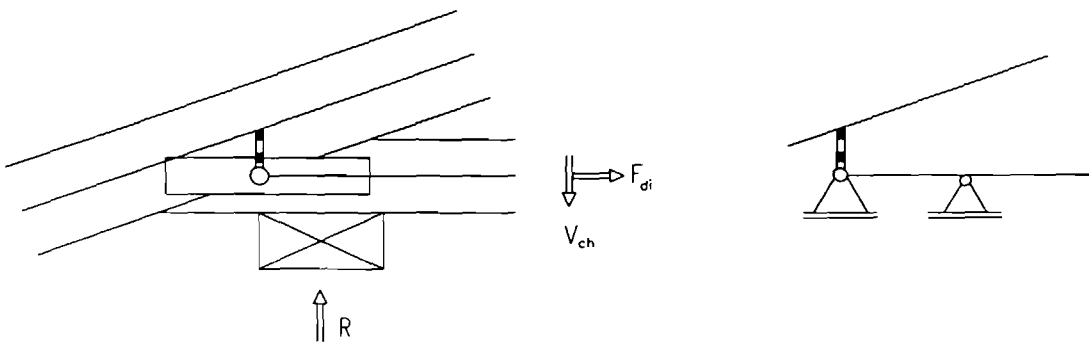


Abbildung 7: Traufknoten mit eingeruecktem Auflager, ohne Keil

Die vorgeschlagene Variante führt daher insbesondere bei größeren Dachneigungen zu kleineren, rechnerischen Stabendmomenten im Obergurt als die „rechte“ Variante der Abbildung 5.

### 2.4.3.5 Traufknoten mit eingerücktem Auflager, mit Keil

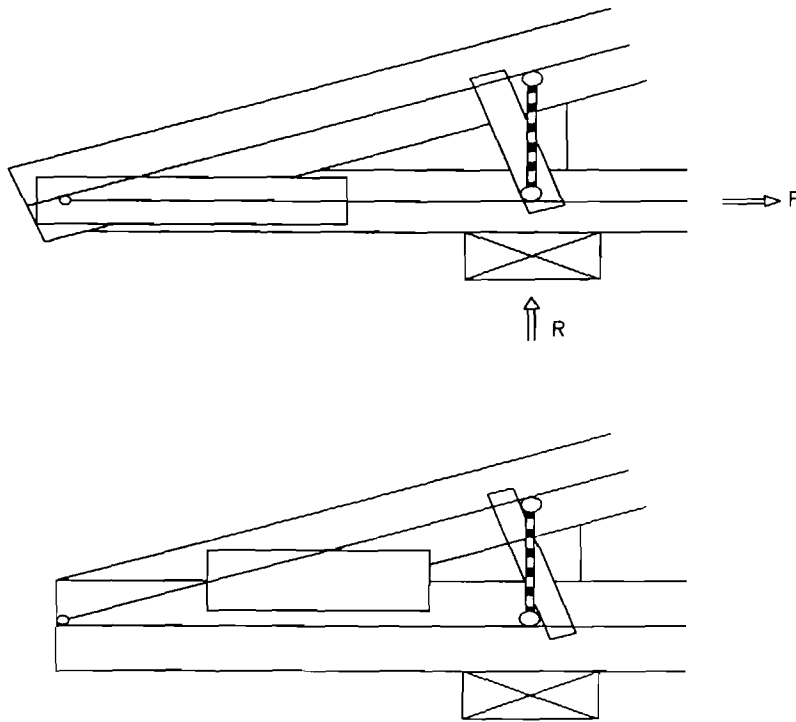


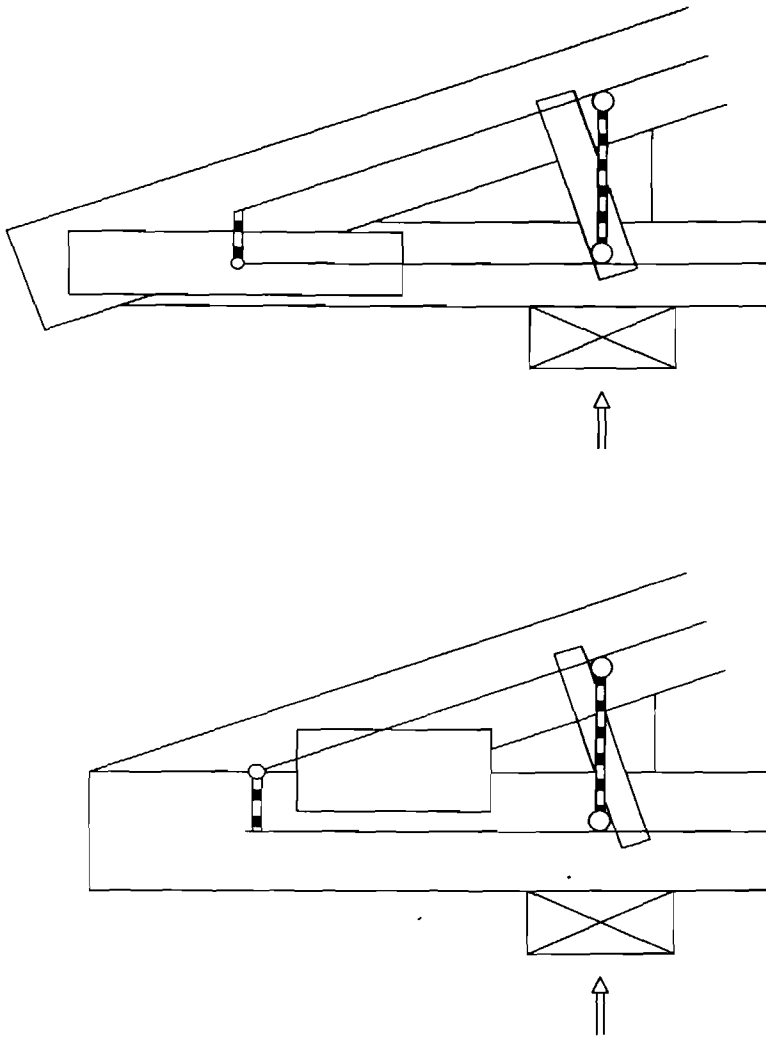
Abbildung 8: Traufknoten mit eingerücktem Auflager, mit Keil

Die oben dargestellten Alternativen erlauben die Aufnahme größerer Momente an den Traufen. Die Druckkräfte des fiktiven Balkenelementes werden über Kontakt durch den Keil übertragen. Die bei Annahme einer reibungsfreien, schiefen Ebene zu übertragenden Scherkräfte (zzgl. der anzusetzenden halben Druckkraft) werden durch die zweite (rechte) Nagelplatte übertragen.

Diese resultierende Kraft hat - je nachdem, wo die Gelenke angenommen werden - einen relativ großen Hebelarm zum Schwerpunkt der Anschlußfläche im Obergurt.

Die Annahme für die Lage des Gelenkes zwischen den Gurten führt wiederum zu großen rechnerischen Exzentrizitäten für die Nagelplatte, die die Fuge überdeckt (s. Abschnitt 2.4.3.2).

Geringere rechnerische Beanspruchungen für die Nagelplatten ergeben sich mit den in der folgenden Abbildung 9 dargestellten Idealisierungen.



**Abbildung 9: Traufknoten mit eingerücktem Auflager, mit Keil, Alternativen**

Traufpunkte mit Keil können auch mit nur einer Nagelplatte realisiert werden. Bei der Berechnung der Nagelplatte mit Mitteln der Stabstatik ergibt sich jedoch i.d.R. das Problem, daß sich die Gleichgewichts- und die Kompatibilitätbedingungen nicht zugleich erfüllen lassen.

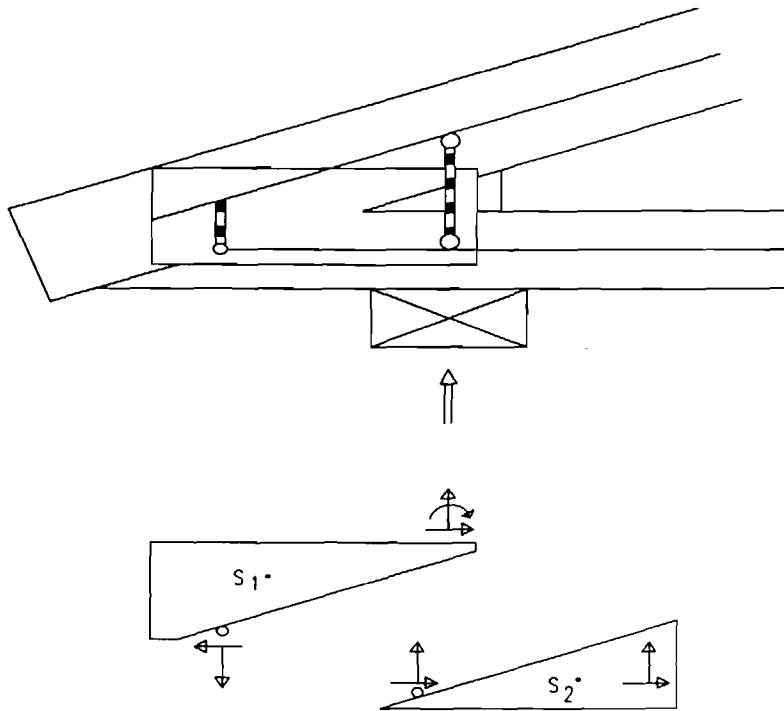


Abbildung 10: Traufknoten mit eingerücktem Auflager, mit Keil, eine Nagelplatte

#### 2.4.3.6 Verbindungen zwischen Gurten und zwei Diagonalstäben

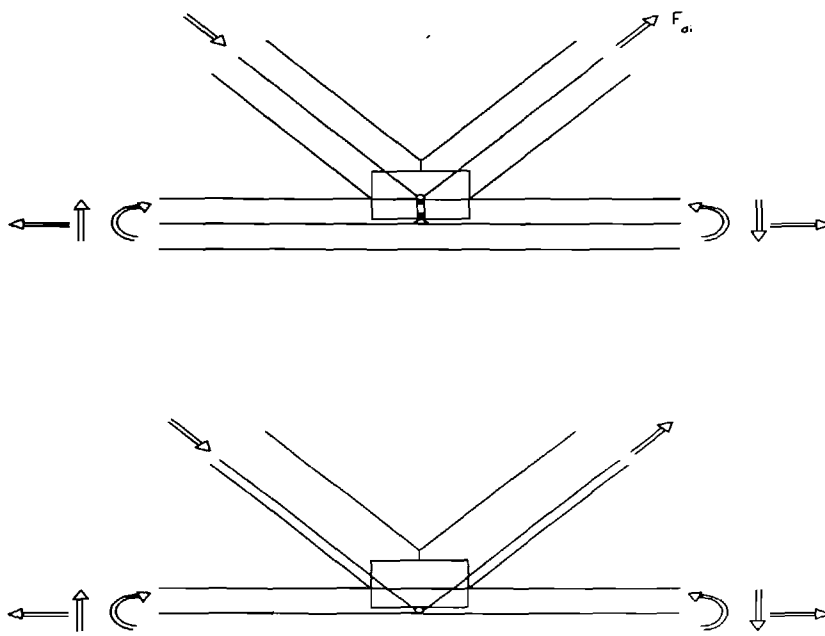


Abbildung 11: Verbindungen zwischen Gurten und zwei Diagonalstäben

Die oben dargestellten Varianten führen zu unterschiedlichen Ergebnissen bei der Schnittkraftermittlung. Bei der oberen Variante ergibt sich ein Momentensprung im Untergurt an der Stelle des fiktiven Balkenelementes, während dies bei der unteren Variante nicht der Fall ist.

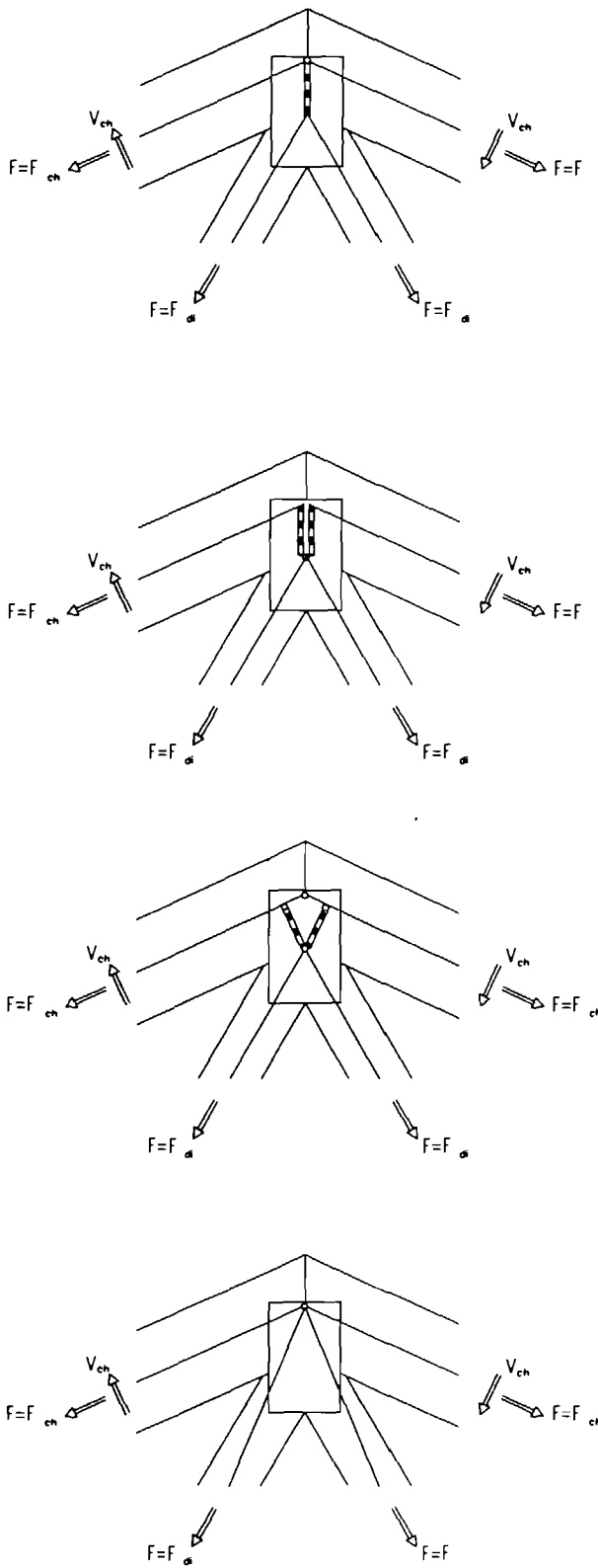
Bei der Ermittlung der Nagelplattenbeanspruchungen ergeben sich für die untere Variante sehr große Hebelarme zwischen Gelenk und den Schwerpunkten der Anschlußflächen, die insbesondere für die Anschlüsse der Diagonalen zu unrealistisch großen Versatzmomenten führen.

Auch bei einer Berechnung mit dem vereinfachten Verfahren sollte daher für die Ermittlung der Plattenbelastungen das Gelenk in der Fuge angenommen werden.

Die Forderungen des EC5, daß die Systemlinien der Stäbe in den Ansichtsflächen liegen müssen, kann dazu führen, daß bei großen Untergurthöhen und flachen Diagonalstabneigungen die zweite Variante nicht mehr möglich ist (in der Regel wird für solche Systeme aber auch kein vereinfachter Nachweis zulässig sein).

EC5 5.4.1.1. P(2)

2.4.3.7 **Symmetrischer Firstknoten**



**Abbildung 12: Symmetrischer Firstknoten**

Die erste der oben vorgeschlagenen Varianten liefert für unsymmetrische Lastfälle Biegemomente zwischen den Füllstäben.



Das fiktive Balkenelement kann nicht eindeutig einem Gurt zugewiesen werden.

Wenn das fiktive Balkenelement zur Darstellung der Nagelplatte verwendet wird, müssen erhebliche Biegemomente zwischen den Diagonalstäben durch die Nagelplatte übertragen werden.

Die zweite Variante liefert sehr große Versatzmomente in den Gurten. Da der Abstand zwischen dem Gelenk und den Anschlußflächen in den Gurten ebenfalls groß ist, ergeben sich große rechnerische Nagelplattenbeanspruchungen infolge von Versatzmomenten.

Die Variante 3 liefert kleine Biegemomente in den Obergurten und weist nur kleine Exzentrizitäten der anzuschließenden Stabkräfte zu den Anschlußflächen auf.

Es ergibt sich aber wiederum das Problem, daß sich die Gleichgewichts- und die Kompatibilitätbedingungen nicht zugleich erfüllen lassen.

Die letzte Variante liefert unrealistisch große Versatzmomente für die Diagonalstäbe. Bei höheren Stäben wird es zudem schwierig, die Systemlinien der Diagonalstäbe in den Ansichtsflächen zu halten.

Es gibt nach Ansicht der Verfasser keine befriedigende Firstpunktvariante mit nur einem Gelenk. Es bleibt daher offen, wie die Nagelplattenbelastungen für Firstknoten ermittelt werden sollen, wenn das Gesamtsystem mit dem vereinfachten Verfahren berechnet wurde.

### **3 Vergleich der Bemessungsverfahren**

#### **3.1 Nachweis der Stäbe**

Vergleichsrechnungen zur Bemessung von Stäben nach DIN ENV 1995-1-1 und DIN 1052 wurden von Brüninghoff et. al. in [9] und [10] durchgeführt. Es wird daher auf diese beiden Forschungsberichte verwiesen.

Es werden hier lediglich die Unterschiede bei der Bemessung von Stäben in Fachwerkträgern dargestellt.

Bei der Bemessung der Stäbe eines Fachwerkträgers, der nach dem vereinfachten Nachweis des EC5 berechnet wird, sollten die Stütz-momente durchlaufender Gurte um 10 % reduziert und auf die benachbarten Felder umgelagert werden.

**EC5 5.4.1.3 (3)**

Die Bemessung von Druckstäben soll mit um 10 % vergrößerten Normalkräften erfolgen.

**EC5 5.4.1.4(3)**

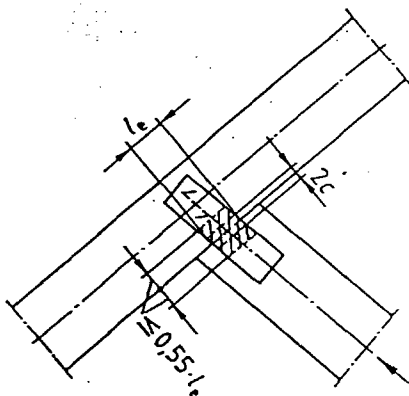
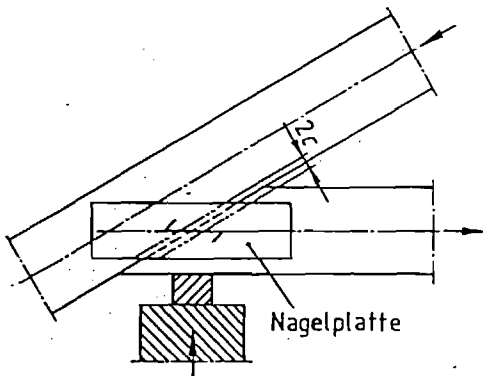
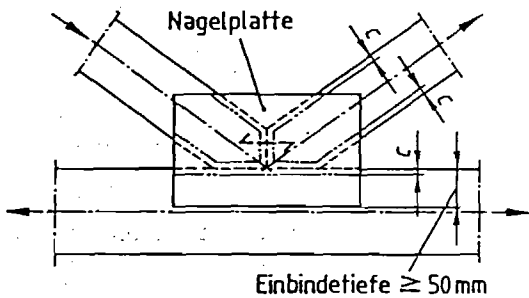
Greifen die Lasten überwiegend in den Knotenpunkten an, so sollen die allgemeinen Spannungsnachweise nach EC5 (Gl. (5.1.10a) und Gl. (5.1.10b)) nur zu 90 % ausgenutzt werden .	EC5 D4 (3)
Mit allen Regelungen sollen die Abweichungen der Ergebnisse der Schnittkraftermittlung mit der Fachwerksanalogie gegenüber einer Berechnung als Rahmentragwerk berücksichtigt werden.	
Das geometrisch nichtlineare Verhalten von Druckstäben kann mit dem Knicksicherheitsnachweis bei der Bemessung der Fachwerkstäbe berücksichtigt werden.	EC5 5.4.1.1 (4)
Diese Regelung findet sich auch in DIN 1052.	DIN 1052 T.1 9.1.2
Die Knicklänge von Füllstäben darf nach DIN 1052 für das Knicken in Rahmenebene mit $0,8 \cdot s$ ( $s$ = Länge der Netzlinie) angesetzt werden.	DIN 1052 T.1 9.1.2 und Erläuterungen zu DIN 1052 T.1 9.1.2
Eine entsprechende Regelung fehlt im EC5. Eine allgemeine Regelung besagt, daß die Knicklänge in der Rahmenebene i.a. als der Abstand zwischen zwei benachbarten Wendepunkten der Knickbiegeline angenommen werden kann.	EC5 5.4.1.4 (1)
Nimmt man eine elastische Einspannung der Stabenden durch die Nagelplattenanschlüsse an, kann die Knicklänge ebenfalls zu etwa $0,8 \cdot s$ angesetzt werden.	s.a. EC5 5.4.1.4 (2) $s_k=s$ für Einfeldstäbe ohne Endeinspannung
Für die Knicklängen der Gurtstäbe ist nach DIN 1052 in der Regel die Netzlinie anzusetzen.	DIN 1052 T.1 9.1.2
Wie bereits oben beschrieben, wird im EC5 allgemein der Abstand zwischen benachbarten Wendepunkten der Knickbiegeline angesetzt.	EC5 5.4.1.4 (1)
Für Gurtstäbe ohne Querlasten in Bindern, die ausschließlich aus Dreiecken zusammengesetzt sind, ist $s_k=s$ , da ein Ausknicken der Gurte in Halbwellen möglich ist.	EC5 5.4.1.4 (2)
Beim vereinfachten Nachweis können für querbeanspruchte durchlaufende Gurtstäbe Knicklängenbeiwerte kleiner als 1,0 angesetzt werden.	EC5 5.4.1.4 (3)
Die im EC5 angegebenen Knicklängenbeiwerte für querbeanspruchte durchlaufende Gurtstäbe dürften bei Einhaltung der angegebenen Randbedingungen auch für Berechnungen nach DIN 1052 gelten.	

## 3.2 Nachweis der Platten

### 3.2.1 Anzusetzende Plattengrößen

Die wirksame Anschlußfläche  $A_{ef}$  für Druck- und Zugbeanspruchungen ist nach DIN 1052 die Bruttoberührungsfläche zwischen Nagelplatte und Anschlußstab abzüglich eines im Normalfall 10 mm breiten Randstreifens  $c$  an den Berührungsfugen der Stäbe und an den freien Kanten.

DIN 1052 T.1 10.6



←→ Plattenlängsrichtung

Abbildung 13: Randabstände für Nagelplatte nach DIN 1052

Im EC5 sind zur Berücksichtigung von Lagetoleranzen zusätzlich umlaufende Randabstände abzuziehen.

EC5 D6.2 (1)

Die Größe solcher Lagetoleranzen wird in einem Entwurf zur prEN 1059 [11] mit 5 mm angegeben.

prEN 1059 6.3.1

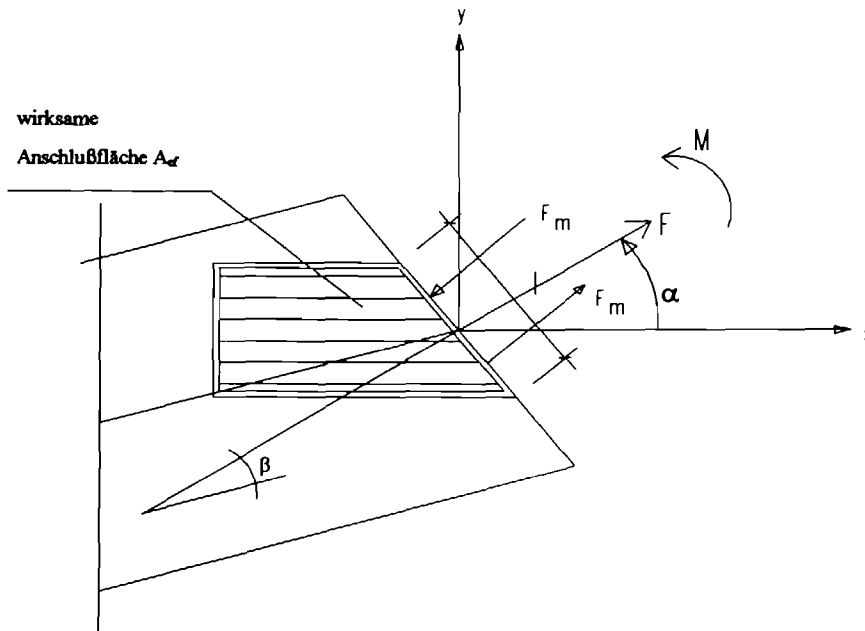


Abbildung 14: Randabstände für Nagelplatte nach EC5

Für Scherbeanspruchungen darf nach DIN 1052 i.d.R. nur eine Plattenanschlußbreite von  $d_E \leq 0,55 l_E$  angesetzt werden.

DIN 1052 T.1 10.6

Da im EC5 die Beanspruchung durch Versatzmomente berücksichtigt wird, gibt es dort keine entsprechende Vorschrift.

Nagelplatten bei Gurthölzern sollen wegen der auftretenden Querspannungen mindestens 50 mm in den Gurt einbinden.

DIN 1052 T.2 10.9

Im EC5 wird ein Drittel der Gurthöhe, mindestens aber 40 mm, gefordert.

EC5 D6.5.3 (2)

Da bei der Berechnung nach EC5 Versatzmomente berücksichtigt werden sollen, werden z.B. Untergurtnotenanschlüsse günstiger zu bemessen sein, wenn sie nur wenig in den Gurt einbinden

( → kleiner Hebelarm zwischen dem Gelenk in der Fuge und dem Plattenschwerpunkt im Gurt und größeres polares Trägheitsmoment für schlanke hohe Platten). Es kann daher erwartet werden, daß die Mindesteinbindetiefe häufig maßgebend wird.

Für Gurthöhen >150 mm liefert der EC5 das schärfere Kriterium gegenüber DIN 1052.

Es sei darauf hingewiesen, daß ein Quersugnachweis für Nagelplattenberechnungen vom EC5 zur Zeit nicht angeboten wird.

Im EC5 wird gefordert, daß Nagelplatten in Gurtstößen mindestens 2/3 der Holzbreite abdecken. EC5 D6.5.3 (3)  
 Es gibt keine vergleichbare Regelung in der DIN 1052.

### 3.2.2 Nageltragfähigkeit

Die Nagelbelastung  $\tau_F$  infolge der im Schwerpunkt der wirksamen Anschlußfläche wirkenden Längs- und Querkräfte berechnet sich zu: EC5 6.5.1 (1)

$$\tau_F = \frac{F_A}{A_{ef}} \quad \text{EC5 Gl. (D6.5.1a)}$$

Die Belastung infolge des auf den Schwerpunkt der wirksamen Anschlußfläche wirkenden Momentes berechnet sich zu:

$$\tau_M = \frac{M_A \cdot r_{\max}}{I_P} \quad \text{EC5 Gl. (D6.5.1b)}$$

$M_A$  setzt sich aus planmäßig in der Verbindung zu übertragenden Momenten und Versatzmomenten zusammen.

Druckkräfte dürfen über Kontakt übertragen werden, wobei die Verbindung mindestens für die halbe Druckkraft berechnet werden muß. EC5 6.5.1 (2)

Es sind jeweils drei Nachweise zu führen : EC5 6.5.1 (3)

$$\begin{aligned} \tau_{F,d} &\leq f_{a,\alpha,\beta,d} \\ \tau_{M,d} &\leq 2 \cdot f_{a,90,90,d} \\ \tau_{F,d} + \tau_{M,d} &\leq 1,5 \cdot f_{a,0,0,d} \end{aligned}$$

- $\alpha$  = Winkel zwischen der x-Richtung der Platte und der Krafrichtung (ohne Berücksichtigung des Moments)
- $\beta$  = Winkel zwischen der Holzfaserrichtung und der Krafrichtung (ohne Berücksichtigung des Moments)

In der DIN 1052 wird der Nachweis der Nägel lediglich für die anzuschließenden Druck-, bzw. Zug- und Scherkräfte rechtwinklig, bzw. parallel zur Fuge geführt.

$$\text{z.B. } F_n = \sqrt{\left(\frac{Z}{2 \cdot A_n}\right)^2 + \left(\frac{S}{2 \cdot A_s}\right)^2} \leq \text{zul } F_{n(\alpha,\beta)}$$

Erläuterungen zur  
DIN 1052 T.2 Tab. 10/1

Eine Berücksichtigung von Versatzmomenten erfolgt nur für Traufknoten in Form des Abminderungsfaktors  $\eta$  für die zulässigen Nagelbelastungen.

DIN 1052 T.2 10.8

Auch in der DIN 1052 ist eine Übertragung von Druckkräften über Kontakt möglich, wenn die Platten für die Hälfte der Druckkraft bemessen werden.

DIN 1052 T.2 10.6

Da der Einfluß von Versatzmomenten bei der Berechnung nach EC5 berücksichtigt wird, beeinflusst die Wahl der Lage von Gelenken bzw. fiktiven Stäben die Größe der Nagelbelastungen. Führt man z.B. einen vereinfachten Nachweis, ohne fiktive Stäbe einzuführen, so weisen die Gelenke des Systems unrealistisch große Exzentrizitäten zu den Plattenschwerpunkten auf. Es ist zu überdenken, ob man für die Berechnung der Nagelbeanspruchung ein neues „lokales Gelenk“ einführt, an dem die Schnittgrößen des statischen Systems angebracht werden. Zumindes t für den Firstpunkt von Satteldachträgern bleiben die Exzentrizitäten bei Annahme eines einzelnen „lokalen Gelenkes“ trotzdem groß.

Der EC5 enthält eine Mindestzugkraftregel, nach der jede Verbindung für eine Kraft  $F_{r,d}$  bemessen werden muß, die in beliebiger Richtung angreifen kann. Es sind dabei die Nutzungsklasse 2 und eine kurze Lasteinwirkung anzusetzen

EC5 D6.5.3 (1)

$$F_{r,d} = 1,0 + 0,1 \cdot L$$

$F_{r,d}$  in [kN]

L = Stützweite [m]

Die Mindestzugkraft ist etwa gleich groß wie die in den zur Zeit gültigen BAZ angegebenen Werte. Die Annahme einer beliebigen (damit der ungünstigsten) Richtung führt u.U. zu größeren erforderlichen Mindestanschlußflächen.

### 3.2.3 Plattentragfähigkeit

Die Plattenbelastung ermittelt sich zu:

EC5 D6.5.2

$$F_x = F \cdot \cos \alpha \pm F_M \cdot \sin \gamma$$

$$F_y = F \cdot \sin \alpha \pm F_M \cdot \cos \gamma$$

Zu den Bezeichnungen wird auf Abbildung 14 verwiesen.

$F_x$  und  $F_y$  sind Beanspruchungen in Richtung der Platten-Hauptachsen.

Es ist die Bedingung

EC5 D6.5.2 (2)

$$\left( \frac{F_{x,d}}{R_{x,d}} \right)^2 + \left( \frac{F_{y,d}}{R_{y,d}} \right)^2 \leq 1$$

in allen maßgebenden Schnitten zu überprüfen .

EC5 D6.5.2 (4)

Dabei ist:

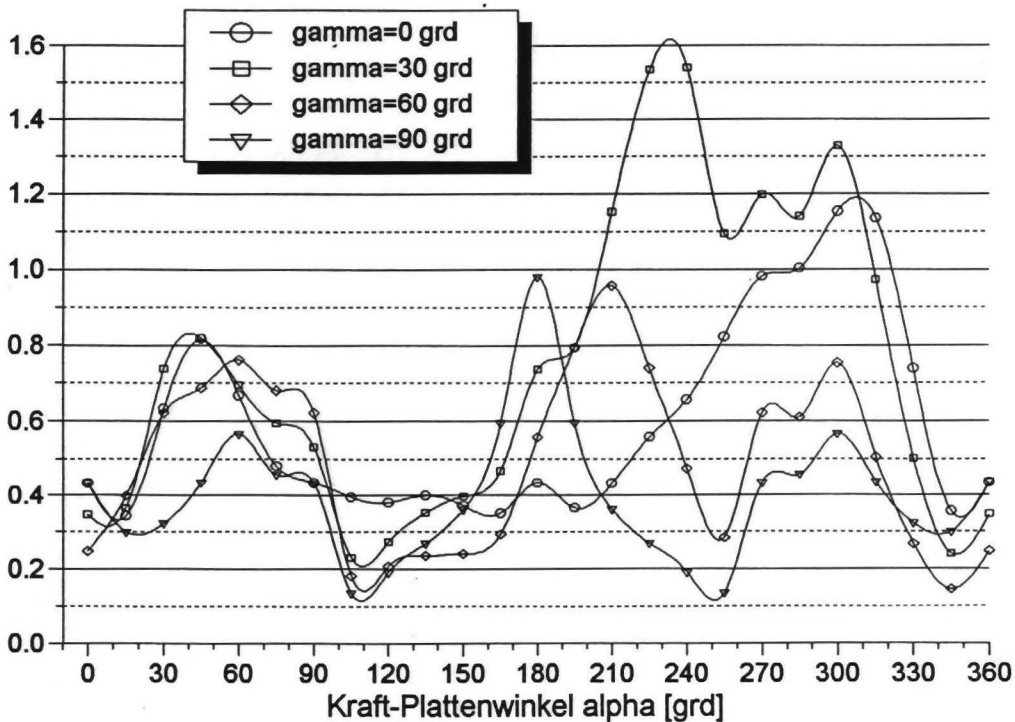
$$R_{x,d} = \max. \begin{cases} f_{ax,0,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \\ f_{v,0,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \end{cases} \quad f_{ax,0,d} = \begin{cases} f_{t,0,d} \text{ bei Zug} \\ f_{c,0,d} \text{ bei Druck} \end{cases}$$

$$R_{y,d} = \max. \begin{cases} f_{ax,90,d} \cdot l \cdot \cos \gamma \\ f_{v,90,d} \cdot l \cdot \sin \gamma \end{cases} \quad f_{ax,90,d} = \begin{cases} f_{t,90,d} \text{ bei Zug} \\ f_{c,90,d} \text{ bei Druck} \end{cases}$$

Der Nachweis der Plattenbelastung erfolgt in DIN 1052 mit den Beanspruchungen rechtwinklig und parallel zur Fuge: DIN 1052 T.2 10.7

$$\left( \frac{F_{Z,D}}{\text{zul } F_{Z,D(\alpha)}} \right)^2 + \left( \frac{F_s}{\text{zul } F_{s(\alpha)}} \right)^2 \leq 1$$

Die **Abbildung 15** zeigt das Verhältnis der Ausnutzungsgrade der Plattenbemessung - ausgehend von einer 100%igen Plattenausnutzung nach DIN 1052 - für verschiedene Winkel  $\gamma$  und  $\alpha$ .



**Abbildung 15: Vergleich der Ausnutzungsgrade für die Plattenbemessung**

Für den Einfluß von Versatzmomenten gilt das in Abschnitt 3.2.2 Gesagte.

#### 4 Literatur und verwendete Normen

- [1] DINV ENV 1995 Teil 1-1 (Eurocode 5): Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holztragwerken, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln für den Holzbau (06.94). Beuth-Verlag
- [2] Nationales Anwendungsdokument (NAD), Richtlinie zur Anwendung von DINV ENV 1995-1-1 (02.95): Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin und Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., München. Beuth-Verlag
- [3] DIN 1052 Teil 1-3, Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung (04.88). Beuth-Verlag
- [4] Entwurf DINV 1052 Teil 1 A1: Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung, Änderung A1. (08.96) Beuth-Verlag
- [5] DIN 1055 Teil 1-5, Lastannahmen für Bauten (in den jeweils gültigen Ausgaben), Beuth-Verlag
- [6] Entwurf prEN 1075 (07.93) Holzbauwerke, Prüfverfahren, Verbindungen mit gestanzten Nagelplatten, Beuth-Verlag
- [7] EN 26891 (02.91) Holzbauwerke, Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln, Allgemeine Grundsätze für die Ermittlung der Tragfähigkeit und des Verformungsverhaltens, CEN, Brüssel
- [8] Ehlbeck, J.; Kurzweil, L. (1994): Regelungsentwurf für Nagelplatten - zum Zwecke der Anwendung von Nagelplattenverbindungen bei der Bemessung nach DINV ENV 1995-1-1. Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen. Universität Karlsruhe.
- [9] Brüninghoff, H.; et. al. (1994): Beispielhafte Vergleichsrechnung ENV 1995-1-1/DIN 1052 zur Festlegung noch freier Parameter im Hinblick auf die Sicherung des derzeitigen Sicherheitsniveaus (E-92/7h). Forschungsbericht für die EGH in der DGfH. bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal, Lehrgebiet Ingenieurholzbau.
- [10] Brüninghoff, H.; et. al. (1994): Normungsarbeiten zum EC5 - Vergleichsrechnungen DINV ENV 1995-1-1 und DIN1052 - Parameteruntersuchungen zum Vergleich der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Holzbauteilen (E-93/9). Forschungsbericht für die EGH in der DGfH. bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal, Lehrgebiet Ingenieurholzbau.
- [11] Riberholt, H. (1982): Guidelines For Static Models of Trussed Rafters. CIB-W18/15-14-1
- [12] Riberholt, H. (1984): Simplified Static Analysis and Dimensioning of Trusses Rafters. CIB-W18/17-14-2



- [13] Riberholt, H. (1990): Proposal for Eurocode 5 Text on Timber Trussed Rafters.  
CIB-W18A/23-14-2
- [14] Riberholt, H. (1990): Analysis of Timber Trussed Rafters of W-Type.  
CIB-W18A/23-14-1