

FESTSCHRIFT

Joachim Lindner

März 1998

Herausgegeben von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. D. Bamm
Technische Universität Berlin
Institut für Bauingenieurwesen
Baukonstruktionen und Festigkeit (IBF)
Fachgebiet Stahlbau, Sekr. B1
Hardenbergstraße 40A, D-10623 Berlin

Anforderungen an Gerüstknoten

Dr.-Ing. Karl-Christian Fröhlich, Karlsruhe, Deutschland

1. Anwendungsbereich

Modulgerüste sind eine relativ junge Gerüstbauart, bei der ähnlich wie bei Stahlrohr-Kupplungsgerüsten vielfältige Gerüstvarianten zusammengesetzt werden können. Der Gerüstknoten übernimmt hierbei alle Verbindungsfunktionen. Ein Teil der Verbindungsstruktur wird in einem Raster (i. d. R. 500 mm) an den Ständerrohren angebracht, während der zweite Teil der Verbindung an den anzuschließenden Bauteilen wie Längs- und Querriegeln sowie den Diagonalen befestigt ist. Die Verbindung wird in der Regel durch Einschlagen eines Keils geschlossen. Aus den Einzelteilen des Systems

- Ständer
- Riegel
- Diagonalen
- Beläge bei Arbeitsgerüsten

können dem Einsatzfall angepaßte Gerüstkonstruktionen errichtet werden. Die Bilder 1 und 2 zeigen zwei Beispiele für Modulgerüstknoten; Bild 3 zeigt beispielhaft einen Rohr-Kupplungsanschluß im Traggerüstbau, bei dem alle Verbindungen mit Normalkupplungen vorgenommen wurden. Im Vergleich zu den Stahlrohr-Kupplungsgerüsten besitzen Modulgerüste zwar eine geringere Variabilität, sie sind jedoch erheblich wirtschaftlicher, da die Verbindung lediglich durch Anschlagen der Keile einfach und schnell hergestellt wird.

Gerüstknoten sind als neue Bauart einzuordnen und als solche zulassungsbedürftig. Zur Zeit liegen für acht Gerüstknoten allgemeine bauaufsichtliche Zulassungsbescheide vor [1] bis [8], für weitere Konstruktionen werden Zulassungsverfahren betrieben. Einige Knotenverbindungen werden auch innerhalb von Fassadengerüstzulassungen geregelt.

Die Zulassungsbescheide der Gerüstknoten als Verbindungsstruktur im Gerüstbau machen Angaben für die Tragfähigkeit und Steifigkeit der Anschlüsse und regeln die zu führenden Nachweise. Viele Gerüstkonstruktionen wie Traggerüste und Raumgerüste können mit diesen Angaben hinsichtlich ihrer Standsicherheit beurteilt werden. Für Fassadengerüste muß der Brauchbarkeitsnachweis durch eine weitere allgemeine bauaufsichtliche Zulassung geführt werden.

Nachfolgend werden Anforderungen an die Trageigenschaften von Gerüstknoten anhand üblicher Anwendungssituationen abgeleitet.

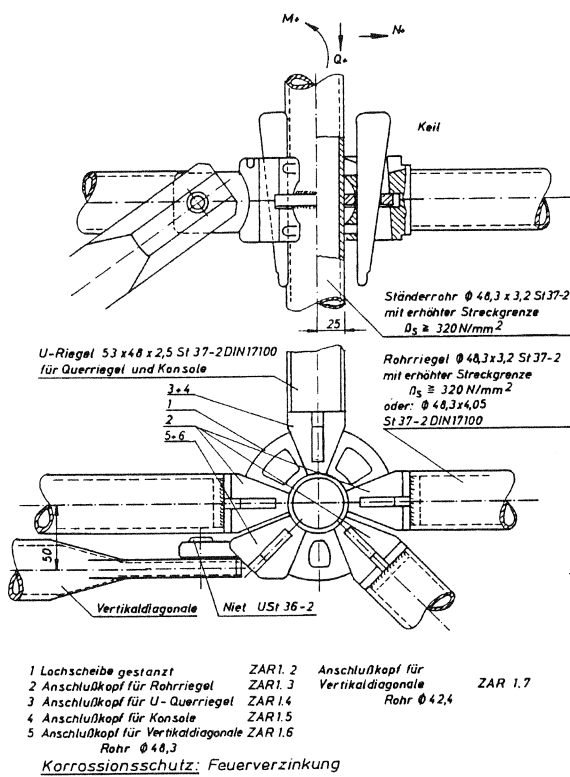


Bild 1: Layher-Allround-Gerüstknoten [3]

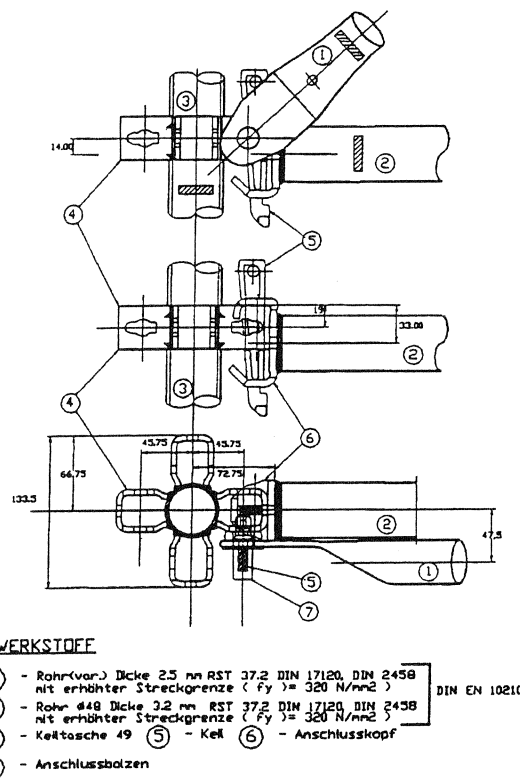


Bild 2: Crab 32-Gerüstknoten [8]

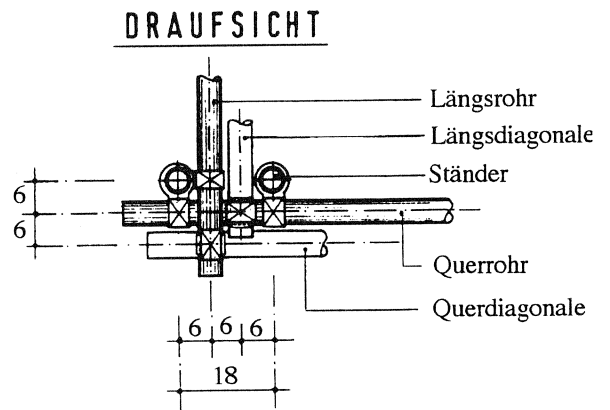
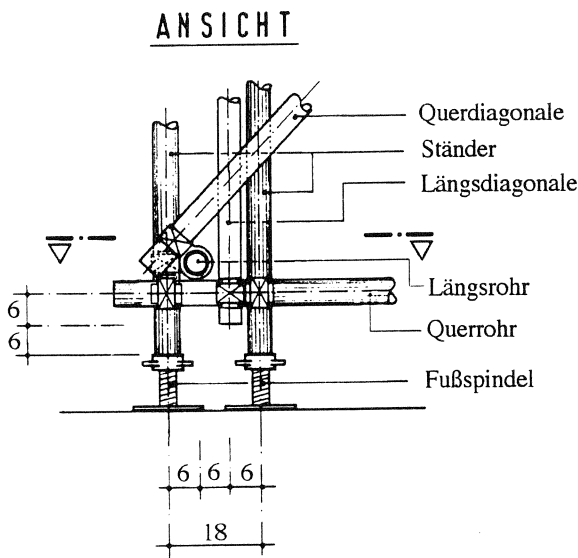


Bild 3: Rohr-Kupplungsanschluß (unter Verwendung von Normkupplungen) im Traggerüstbau

2. Anschlußschnittgrößen

In den Riegelanschlüssen werden von den sechs möglichen Schnittgrößen in der Regel nur vier planmäßig übertragen, siehe Bild 4:

- Biegemoment M_y
- vertikale Querkraft V_z
- horizontale Querkraft V_y
- Normalkraft N

Die Anschlüsse werden für Torsionsmomente M_x und Biegemomente M_z um die vertikale Achse als gelenkig betrachtet. Ein zugelassener Gerüstknoten besitzt eine so geringe Biegesteifigkeit, daß der Anschluß auch für Biegemomente M_y als gelenkig eingestuft wurde [2].

Für die Anschlüsse der Vertikaldiagonalen werden die übertragbaren Diagonalkräfte D , ggf. in Abhängigkeit vom Anschlußwinkel α , geregelt. Von Bedeutung ist hierbei auch die Lage des Gelenkpunktes, wodurch die Exzentrizität der auf den Knoten und auf die Diagonale wirkenden Stabkraft festgelegt wird, siehe Bild 5.

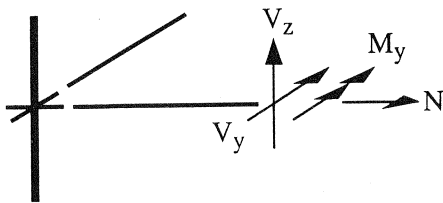


Bild 4: Schnittgrößen im Riegelanschluß

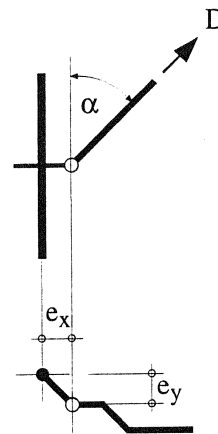


Bild 5: Anschlußexzentrizität der Vertikaldiagonalen

Die Zulassungsbescheide müssen neben den einzelnen Tragschnittgrößen auch die Interaktion von mehreren Schnittgrößen in einem Anschluß, die Interaktion mehrerer Anschlüsse an einem Knoten sowie die Interaktion von Knoten- und Ständerbeanspruchung regeln.

Für alle Anschlußschnittgrößen ist darüber hinaus die Angabe der jeweiligen Anschlußsteifigkeit notwendig. Für die üblichen Gerüstkonstruktionen ist die Biegesteifigkeit des Riegels und die Anschlußsteifigkeit der Vertikaldiagonalen von Bedeutung. Die Verformungseinflüsse aus Anschlußnormalkraft und -querkraft sind meist so gering, daß sie vernachlässigt werden dürfen; auf die Angabe entsprechender Steifigkeitswerte wurde daher in den Zulassungsbescheiden i. d. R. verzichtet.

Mindestanforderungen an Gerüstknoten hinsichtlich Anschlußsteifigkeit und -tragfähigkeit werden zur Zeit nicht gestellt. Aus ihrer Verwendung heraus lassen sich aber Kriterien formulieren, die Knoten erfüllen sollten.

Modulgerüste können als Nachfolgebauart der Stahlrohr-Kupplungsgerüste angesehen werden. Sie sind nach Anwendungsbereich und Aufbau gleich einzuordnen. Grundlage einer sicheren Verwendung der Stahlrohr-Kupplungsgerüste ist ein in langjähriger Praxis erworbener Erfahrungsschatz im Umgang mit dieser Bauart, der es dem geschulten und geübten Gerüstbauer möglich macht Gerüste auch dann tragsicher aufzubauen, wenn keine detaillierte Planung vorliegt. Die Gerüstbauer gehen davon aus, daß Modulgerüste nicht nur wirtschaftliche Vorteile mit sich bringen sondern auch mindestens gleichwertige Trageigenschaften wie Stahlrohr-Kupplungsgerüste besitzen. Die Riegelanschlüsse der Modulgerüste sollten daher die Trageigenschaften von Normalkupplungen, die Vertikaldiagonalenanschlüsse die Trageigenschaften von Drehkupplungen besitzen.

Riegelanschluß / Normalkupplung (Klasse B nach DIN EN 74 [9]):

- Normalkraft $N_k \geq 15 \text{ kN}$
- vertikale Querkraft $V_{z,k} \geq 15 \text{ kN}$
- Biegemoment $M_{y,k} \geq 80 \text{ kNcm}$
- Anschlußsteifigkeit $C_{\phi,k} \geq 1400 \text{ kNcm/rad}$

Vertikaldiagonalenanschluß / Drehkupplung:

- Normalkraft $D_k \geq 8,5 \text{ kN}$ entsprechend DIN 4420-1 [10] bzw. DIN EN 74 [9],
besser aber
 $D_k \geq 1,5 \times 1,1 \times 6,0 \text{ kN} \sim 10 \text{ kN}$ entsprechend DIN 4421 [11]
(zulässige Belastung einer Drehkupplung 6,0 kN).
- Anschlußsteifigkeit $C_{D,k} \geq 2 \times E \times A/\beta \times 1/l_d$
 $= 15 \text{ kN/cm}$ je Anschluß mit $E \times A/\beta = 21000 \times 4,53/35$ für
Stahlrohre 48,3 x 3,2 mm nach DIN 4421, Pkt. 6.4.2.2 und
 $l_d = 360 \text{ cm}$ für Felder 2,0 m x 3,0 m

Diese Werte werden nicht von allen zugelassenen Gerüstknotten erreicht! Soll ein Modulgerüst als Fassadengerüst verwendet werden, so gelten für den Riegelanschluß zusätzliche Anforderungen, die nachfolgend abgeleitet werden.

3. Riegelanschluß in Fassadengerüsten

In Fassadengerüsten wird die Vertikalebene rechtwinklig zur Fassade, die aus Ständern und Querriegeln gebildet wird, durch die Riegelsteifigkeit stabilisiert, so daß die Knicklänge der Ständer geringer wird als der Abstand der horizontalen Verankerungspunkte (Bild 6). Die Anschlußsteifigkeit C_{ϕ} und -tragfähigkeit M_A ($\hat{=} M_y$ nach Bild 4) der Riegel sind die dominierenden Einflußgrößen für die Tragfähigkeit der Vertikalebene, so daß für diese Verwendung Anforderungen an den Riegelanschluß abgeleitet werden können.

Nach der Zulassungsrichtlinie [13] ist der Nachweis der Tragsicherheit für die Regelausführung des Fassadengerüstes zu erbringen, wobei folgende Mindestausstattung bzw. Anforderungen zu berücksichtigen sind:

1. Gerüsthöhe 24 m zzgl. der konstruktiv möglichen Spindelauszugslänge
2. alle Gerüstlagen sind mit Belägen ausgelegt und mit äußerem Seitenschutz versehen
3. in allen Gerüstlagen sind Innenkonsolen vorhanden (bei Gerüsten, die in den Gruppen 1 und 2 verwendet werden, sind Innenkonsolen nur in 5 Gerüstlagen anzunehmen)
4. in der obersten Gerüstlage ist eine Außenkonsole mit Schutzwand angebracht
5. die Abfangung eines Ständerzuges (Überbrückung) und die Ausbildung eines Fußgängertunnels mit einer Durchgangsbreite von 1,5 m müssen möglich sein
6. mit reduziertem Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen muß
 - a. die Verwendung des Gerüstes bei unverankerter oberster Lage ($\gamma_F = 1,25$)
 - b. die Auswirkung eines 40 cm vom Knoten angeschlossenen Gerüsthalters ($\gamma_F = 1,25$)
 - c. die Tragsicherheit bei minimaler Anschlußsteifigkeit (oberer Fraktilewert der M- ϕ -Beziehung) in allen Anschlüssen ($\gamma_F = 1,15$) nachgewiesen werden.

Aus einem ersten auf der Grundlage der Zulassungsrichtlinie [13] abgeschlossenem Zulassungsverfahren für ein Modul-Gerüstsystem [14] ist ersichtlich, daß die Verwendung des Gerüstes bei unverankerter oberster Lage nur mit Zusatzmaßnahmen möglich ist.

Die Verkehrslasten der jeweiligen Gerüstgruppe sind nach DIN 4420-1 auf einer Gerüstlage sowie 50 % der Verkehrslast auf einer benachbarten Gerüstlage anzunehmen. Gegenüber den älteren Zulassungsberechnungen wirken sich das größere Eigengewicht infolge der vorgeschriebenen Innenkonsolen sowie die größere Verkehrslast infolge der zweiten belasteten Gerüstlage ungünstig aus.

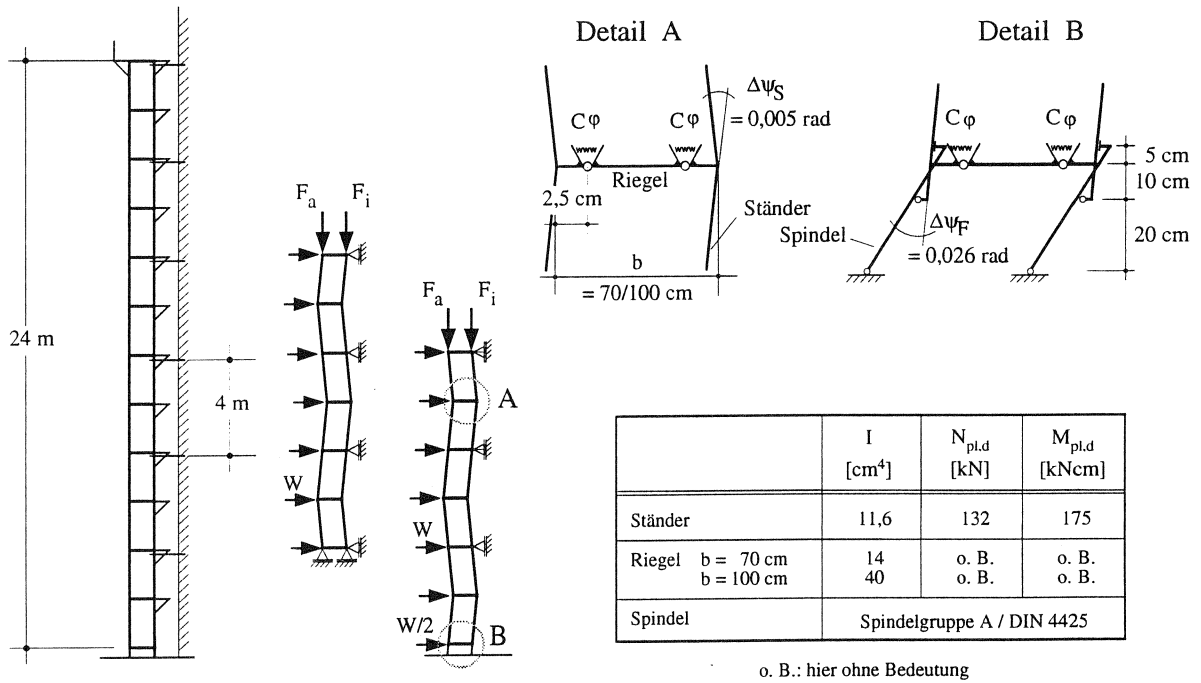


Bild 6: Untersuchte Gerüstausschnitte (Vorkrümmung der Ständer nicht dargestellt)

Die Anforderungen an den Riegelanschluß im Fassadengerüst werden für Feldlängen $l = 2,50$ m und $l = 3,00$ m sowie für Gerüstbreiten $b = 0,70$ m/Gerüstgruppe 3 und $b = 1,00$ m/Gerüstgruppe 4 bestimmt. Untersucht werden die beiden Gerüstausschnitte nach Bild 6, wobei von einem nicht-versetztem 4 m Ankerraster ausgegangen wird. Die hier in Rechnung gestellten Steifigkeiten und Widerstände der Bauelemente sind ebenfalls im Bild 6 angegeben; die einzelnen Systeme unterscheiden sich lediglich bei den Riegelsteifigkeiten (Rohr- oder U-Profil, mit oder ohne Verstärkung etc.). Die Vorverformungen der Ständer (Schiefstellungen) dürfen günstiger als nach DIN 4420-1, Pkt. 5.4.3.2, in Rechnung gestellt werden, wenn lange Ständer verwendet und deren Stöße versetzt und in unmittelbarer Nähe der Riegel angeordnet werden. Die Vorkrümmung muß entsprechend der Knickspannungslinie „b“ mit $w_0 = h/250$ angenommen werden.

Die Eigenlasten des Gerüstes einschließlich Innenkonsolen sowie die in Rechnung gestellten Verkehrslasten sind für die beiden Feldlängen und Gerüstbreiten in Tabelle 1 zusammengestellt. Die mit Verkehr belastete Belagbreite ist dabei 2 bzw. 3 x 0,32 m (Gerüstfeld) + 0,16 m (Zwischenbelag) + 0,32 m (Konsolbelag), in der obersten Gerüstlage kommt eine Außenkonsole mit (mindestens) 1 x 0,32 m (Konsolbelag) + 0,16 m (Zwischenbelag) hinzu. Die angegebenen Werte sind die Summe der Lasten auf den Innen- und den Außenstiel. Die EDV-Berechnung wird mit gleichen Lasten $F = F_i = F_a$ auf dem Innen- und Außenstiel durchgeführt. Vergleichsberechnungen mit unterschiedlichen Stiellasten haben gezeigt, daß die Gesamtlast, nicht aber deren Aufteilung auf Innen- und Außenstiel die Traglast bestimmt, sofern die Tragfähigkeit des Riegelanschlusses maßgebend ist. Dies ist bei den üblichen Verhältnissen der Fall. Die örtliche Riegelbelastung wird hier nicht weiter betrachtet; hierzu sind zusätzliche Überlegungen anzustellen. Neben den vertikalen Lasten werden in jedem Knoten Windlasten in Rechnung gestellt. Der Staudruck bei Arbeitsbetrieb beträgt $q_2 = 0,2$ kN/m². Für die Feldlänge $l = 3,00$ m ergibt sich $\gamma_F \Sigma W = 0,39$ kN.

Im Bild 7 sind die aufnehmbaren Vertikallasten $\Sigma F_d = \gamma_F \cdot \Sigma (F_i + F_a)$ für den Mittelbereich und für den Fußbereich (jeweils für $b = 0,70$ m) in Abhängigkeit von der Riegelanschlußsteifigkeit $C_{\phi,d}$ und -tragfähigkeit $M_{A,d}$ dargestellt. Weiterhin sind als obere Grenzen die Verzweigungslasten $F_{ki,d}$ sowie die Werte bei maßgebender Ständertragfähigkeit $F_{St,d}$ angegeben, bei der das

Tabelle 1: Vertikallasten [kN] bei der Regelausführung des Fassadengerüsts [13]

	b = 0,70 m / GG3		b = 1,00 m / GG4	
	l = 2,50 m	l = 3,00 m	l = 2,50 m	l = 3,00 m
Eigenlast G_i je Gerüstlage	1,29	1,48	1,50	1,72
Eigenlast G_i ; $H = 24 \text{ m} = 12$ Gerüstlagen	15,8	18,2	18,4	21,1
Verkehrslast P				
100 % Feld, Außen-, Innenkonsole: 50 % Feld, Innenkonsole	10,8	13	19,8	23,8
Gebrauchslast $\Sigma (G + P)$	26,6	31,2	38,2	44,9
Bemessungswert $\gamma_F \cdot \Sigma (G + P)$ mit $\gamma_F = 1,5$	39,9	46,7	57,3	67,3

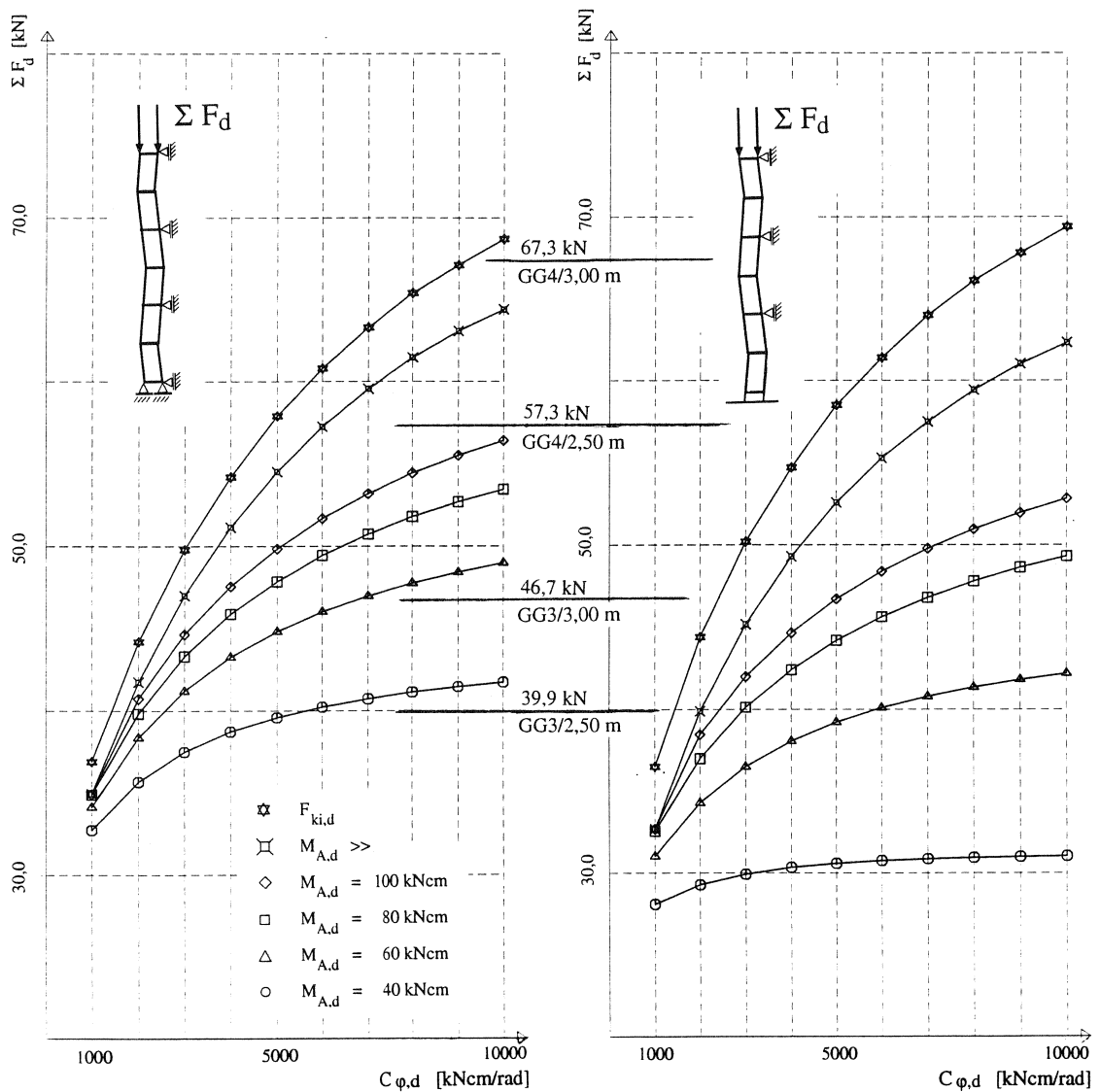


Bild 7: Aufnehmbare Vertikallasten ΣF_d der untersuchten Gerüstauschnitte

Kriterium „Anschlußtragfähigkeit“ ausgeschaltet ist ($M_{A,d} \gg$). Die unterschiedliche Gerüstbreite macht sich kaum bemerkbar (bei endlicher Riegelanschlußtragfähigkeit ist die Differenz $< 3 \%$), da die effektive Riegelsteifigkeit von der Anschlußsteifigkeit dominiert wird und lokale Riegelbelastungen nicht betrachtet werden. Auf die Darstellung dieser Werte wird daher verzichtet.

Die aufnehmbaren Lasten des Fußbereiches liegen wie zu erwarten war unter denen des Mittelbereiches. Diese Werte können aber durch Anordnung weiterer Bauelemente (z. B. Querdiagonale oder zweiter Fußriegel 50 cm über dem untersten Riegel) verbessert werden. Erforderlich sind Werte $C_{\varphi,d} > 7\,000$ kNcm/rad und $M_{A,d} > 60$ kNcm, die eine Verwendung in der Gerüstgruppe 3 bei $l = 3,0$ m und $b = 0,7$ m erlauben. Die erheblich größeren Lasten in Gerüsten der Gruppe 4 mit $b = 1,0$ m erfordern bei Feldlänge $l = 2,5$ m $C_{\varphi,d} > 10\,000$ kNcm/rad und $M_{A,d} > 100$ kNcm, bei Beschränkung auf Feldlänge $l = 2,0$ m sind $C_{\varphi,d} > 7\,000$ kNcm/rad und $M_{A,d} > 60$ kNcm ausreichend.

Die angegebenen Größen können nur als Anhaltswerte gelten. Die lokale Wirkung der Verkehrslast im Gerüstfeld und auf der Innenkonsole reduzieren die Tragfähigkeit: maßgebend ist i. d. R. die Verkehrslast in $H = 4$ m in Verbindung mit Wind und Schiefstellung im Fußbereich von der Fassade weg. Weiterhin muß beachtet werden, daß die Riegelanschlußsteifigkeit nur in Ausnahmefällen als konstant angenommen werden kann. Meistens nimmt die Anschlußsteifigkeit mit zunehmendem Biegemoment ab, so daß hieraus spürbar nichtlineare Effekte resultieren. Auf diese Besonderheit und deren Einfluß auch auf das Stabilitätsverhalten von Knotengerüsten hat G. Ast bereits sehr früh hingewiesen [15].

4. Zusammenfassung

Für Gerüstknoten, die als Verbindungsstruktur im Gerüstbau verwendet werden, wurden Anforderungen hinsichtlich ihrer Anschlußtragfähigkeit und -steifigkeit abgeleitet. Als Bezugsgrößen konnten die entsprechenden Werte von Normal- und Drehkupplungen herangezogen werden. Bei einer Verwendung in Fassadengerüsten werden für den Riegelanschluß erheblich größere Werte als für Normalkupplungen benötigt.

Literatur

- [1] Zulassungsbescheid Z-8.1-19: Günter Rux GmbH; Dobersch-Variant-Gerüstknoten als Verbindungsstruktur im Gerüstbau.
- [2] Zulassungsbescheid Z-8.1-41: Bera Berliner Rahmengerüst GmbH&Co.KG; Bera-Modul-Gerüstknoten als Verbindungsstruktur im Gerüstbau.
- [3] Zulassungsbescheid Z-8.1-64: Wilhelm-Layher GmbH&Co.KG; Layher-Allround-Gerüstknoten als Verbindungsstruktur im Gerüstbau.
- [4] Zulassungsbescheid Z-8.1-64.1: Wilhelm-Layher GmbH&Co.KG; Layher-Allround-Gerüstknoten aus Aluminium als Verbindungsstruktur im Gerüstbau.
- [5] Zulassungsbescheid Z-8.1-67: Thyssen Hünnebeck GmbH; Modex-Gerüstknoten als Verbindungsstruktur im Gerüstbau.
- [6] Zulassungsbescheid Z-8.1-178: plettac AG; plettac-Perfect-Gerüstknoten als Verbindungsstruktur im Gerüstbau.
- [7] Zulassungsbescheid Z-8.22-208: BBE/NL; Cuplok-Gerüstknoten als Verbindungsstruktur im Gerüstbau.
- [8] Zulassungsbescheid Z-8.1-209: Entrepose-Montalev/F; Crab 32 Gerüstknoten als Verbindungsstruktur im Gerüstbau.
- [9] DIN EN 74: Kupplungen, Zentrierbolzen und Fußplatten für Stahlrohr-Arbeitsgerüste und Traggerüste (12.1988)
- [10] DIN 4420-1: Arbeits- und Schutzgerüste; Allgemeine Regelungen, Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfungen (12.1990).
- [11] DIN 4421: Traggerüste; Berechnung, Konstruktion und Ausführung (08.1982).
- [12] DIN 4425: Leichte Gerüstspindeln; Konstruktive Anforderungen, Tragsicherheitsnachweis und Überwachung (11.1990).
- [13] DIBt: Zulassungsrichtlinie; Anforderungen an Fassadengerüstsysteme. Fassung Oktober 1996. Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik -DIBt-, Berlin, Reihe B, Heft 7.
- [14] Zulassungsbescheid Z-8.1-842: Gerüstbau Merkel; Gerüstsystem KT-Modulgerüst.
- [15] Ast, G.: Der Standsicherheitsnachweis durch Versuch und Rechnung. Konstruktiver Ingenieurbau. Herausgeber: Verband Beratender Ingenieure VBI. Berlin: Verlag Ernst&Sohn, 1985.