



## Durchstanzen nach DIN 1045-1 10.5

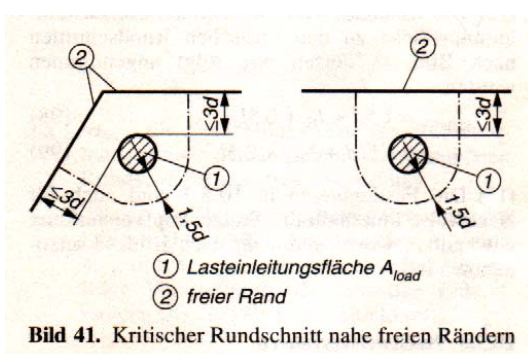
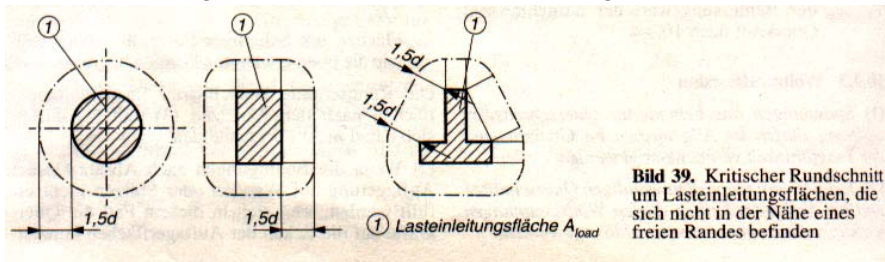
Notizen :

### Allgemeines

Der Durchstanznachweis nach DIN 1045-1 ist im Vergleich zu DIN 1045(88) wesentlich aufwendiger geworden. Dies liegt begründet in umfangreichen Untersuchungen, die in den letzten Jahren durchgeführt worden sind. Im Vergleich mit Heft 525 oder den Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassungen von Sonderbewehrungsteilen wie z.B. HDB sind teilweise abweichende Festlegungen für die Behandlung von Rand- bzw. Eckstützen getroffen bzw. alternative Methoden beschrieben, die je nach praktischem Fall auch gemeinsam berücksichtigt werden sollten. Der Beitrag kann hier aus verständlichen Gründen keine Lösungen bieten. Er soll lediglich die Problematik aufzeigen und Anregungen geben.

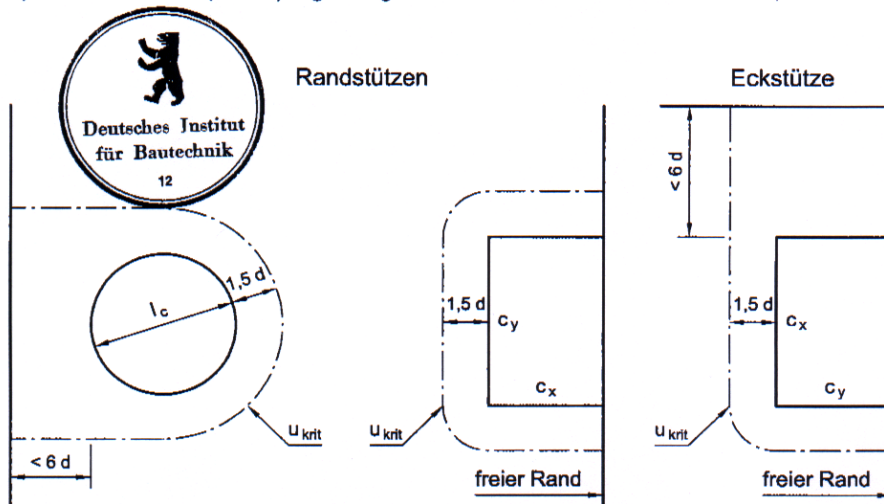
### Kritischer Rundschnitt

Der Abstand vom Rand des unterstützenden Bauteils ist einheitlich mit  $1.5xd$  geregelt. Der Randabstand zu einem freien Plattenrand, bis zu dem der Rundschnitt senkrecht zum Rand geführt werden muss, variiert jedoch. Während DIN 1045-1 diesen einheitlich mit  $3.0xd$  festlegt, unterscheidet Heft 525 zwischen  $3.0xd$  und  $6.0xd$  abhängig vom Einbau von Durchstanzbewehrung. Die Zulassung für HDB vom 10. Dez. 2003 bestimmt einheitlich  $6.0xd$ . Einschränkend wird gefordert, dass maximal die Rundschnittlänge nach Bild 39 DIN 1045-1 angesetzt werden darf.



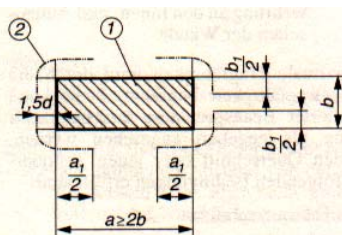
aus DIN 1045-1

c) Belastete Fläche (Stütze) liegt weniger als  $6d$  von freien Rändern entfernt



aus HDB Zulassung 10.12.2003

Heft 525 führt aus, dass im Falle Durchstanzens mit Bewehrung erst ab einem Randabstand von  $6.0xd$  die volle Rundschnittlänge angesetzt werden kann. Solange die Stützenbreite parallel zum freien Rand kleiner als  $3.0xd$  bleibt, ist ab einem Randabstand von  $4.0xd$  immer der Rundschnitt nach Bild 39 kleiner als nach Bild 41. Darüber hinaus greift in der Regel schon die Einschränkung nach Bild 38, nach der der Bauteilumfang nicht mehr als  $11.0xd$  sein darf.



- ① Lasteinleitungsfläche  $A_{load}$   $a_1 \leq \begin{cases} a \\ 2b \\ 5,6d - b_1 \end{cases}$
- ② maßgebende Abschnitte des kritischen Rundschnitts  $b_1 \leq \begin{cases} b \\ 2,8d \end{cases}$

**Bild 38.** Maßgebende Abschnitte für den kritischen Rundschnitt bei ausgedehnten Auflagerflächen

Wenn der volle Rundschnitt nach Heft 525 erst ab einem Randabstand von  $6.0xd$  angesetzt werden kann, dann wird versäumt, festzulegen, mit welcher Rundschnittlänge bei kleinerem Randabstand gerechnet werden muss.

### Beiwert $\beta$

Zur Berücksichtigung der nicht rotationssymmetrischen Querkraftverteilung wird von DIN 1045-1 der Beiwert  $\beta$  eingeführt. Dieser kann bei unverschieblichen Systemen nach Bild 44 bestimmt werden.

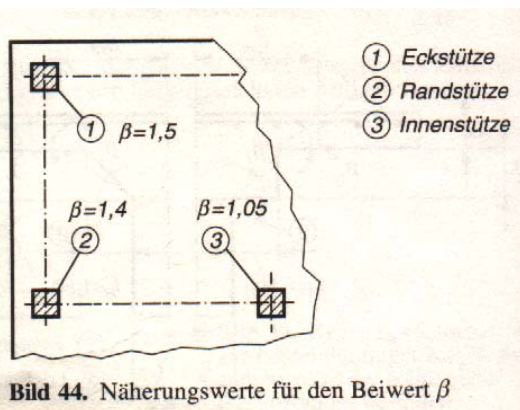


Bild 44. Näherungswerte für den Beiwert  $\beta$

Heft 525 [4] schränkt diese weiter auf unverschiebliche Systeme unter Gleichlast und Stützweitenunterschiede von bis zu 25% ein. Bei größeren Unterschieden ist eine Ermittlung der Querkraftverteilung „entweder auf der Grundlage von Lasteinleitungssektoren **oder** in Abhängigkeit von der bezogenen Normkraftaußermitte“ durchzuführen. Zur ersten Methode wird auf [11] verwiesen. Die darin vorgestellte Gleichung (4) auf Grundlage der Lasteinzugsflächen ist jedoch keine genauere Lösung, da sie lediglich eine Interpolation zwischen den Grenzwerten nach Bild 44 DIN 1045-1 darstellt.

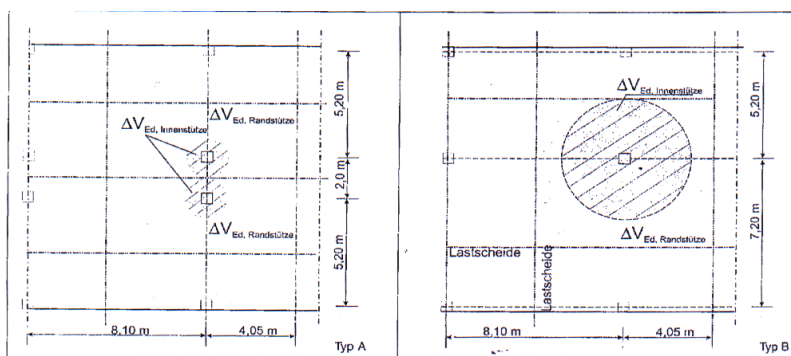


Bild 3. Prinzipialskizzen zur Ermittlung von Lastenhebungsfaktoren  $\beta$  im Bereich von Innenstützen auf Grundlage von Lasteinzugsflächen nach Gleichung (4)  
Fig. 3. Sketches for determination of the load factors  $\beta$  in the area of inner columns according to equation (4)

$$\beta_{Innenstütze} = \frac{1,05 \cdot \Delta V_{Ed, Innenstütze} + 1,4 \cdot \Delta V_{Ed, Randstütze}}{V_{Ed}} \quad (4)$$

aus [ 11 ]

Nach HDB Zulassung kann der Beiwert  $\beta$  alternativ nach Tabelle 1 ermittelt werden.

**Tabelle 1:** Beiwerte zur genaueren Bestimmung der Lasterhöhungsfaktoren  $\beta$

Beiwert	Innenstützen	Eckstütze	Randstütze
$\beta$	1,05	$\sqrt[5]{1 + \left(\frac{e}{1,09 \cdot c}\right)^5 \left(\frac{c_x}{c_y}\right)^{0,15 \cdot \frac{e}{c}}}$	$\sqrt[5]{1 + \left(\frac{e}{1,25 \cdot c}\right)^5 \left(\frac{c_x}{c_y}\right)^{0,15 \cdot \frac{e}{c}}}$
$\beta_{red}$	1,05	$\frac{1,17 \cdot \beta}{1 + 0,2 \cdot \frac{l_s}{d}} \geq 1$	$\frac{1,17 \cdot \beta}{1 + 0,15 \cdot \frac{l_s}{d}} \geq 1$

**Erläuterungen zur Tabelle:**

- $l_s$  Abstand des äußersten Ankers einer Elementreihe vom Stützenanschnitt
- $e$  resultierende Ausmitte der Deckenauflagerkraft  $e = \frac{M_{Ed,Knoten}}{V_{Ed}}$
- bei zweiachsiger Biegung bestimmt sich  $e$  zu:  

$$e = \frac{\sqrt{M_{Ed,Knoten,x}^2 + M_{Ed,Knoten,y}^2}}{V_{Ed}}$$
- $M_{Ed,Knoten}$  Resultierendes Stützeinspannmoment des Decken-Stützenanschlusses
- $c_x$  Randstützen: Seitenlänge der Stütze senkrecht zum freien Plattenrand  
 Eckstützen: größere Seitenlänge der Stütze
- $c_y$  Randstützen: Seitenlänge der Stütze parallel zum freien Plattenrand  
 Eckstützen: kleinere Seitenlänge der Stütze
- $c$  quadratische Rand- und Eckstützen:  $c_x$   
 rechteckige Rand- und Eckstützen:  $\sqrt{0,5 \cdot (c_x^2 + c_y^2)}$   
 runde Rand- und Eckstützen:  $0,9 \cdot l_c$   
 $l_c$ : Stützendurchmesser

Grundlage der Formeln ist [ 12 ]. Hierin untersucht Vocke „echte“ Rand- und Eckstützen ( ohne Plattenüberstand ), die biegesteif mit der Platte verbunden sind und entwickelt für diese Interaktionsformeln, die den Einfluss der bezogenen Außermitte und die geometrische Form der Unterstützung berücksichtigen.

Wie schon in früheren Untersuchungen - z.B. Kordina/Nölting 1986 - aufgezeigt, stellt sich bei Rand- und Eckstützen je nach Größe der bezogenen Außermitte ein unterschiedliches Versagensverhalten ein.

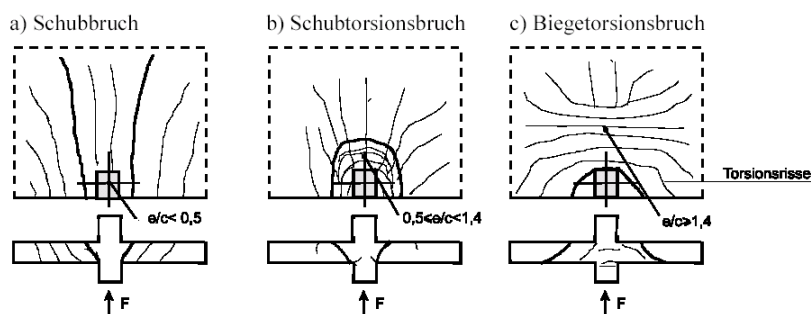
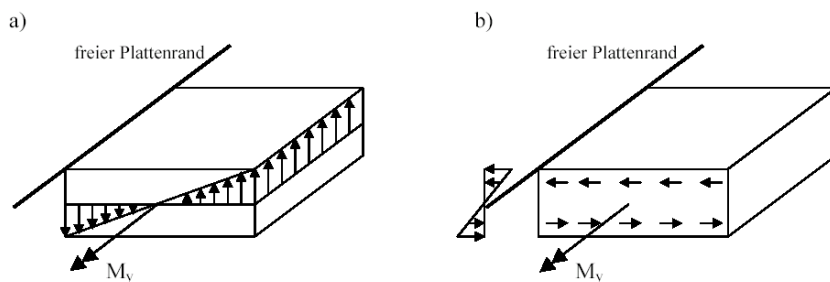


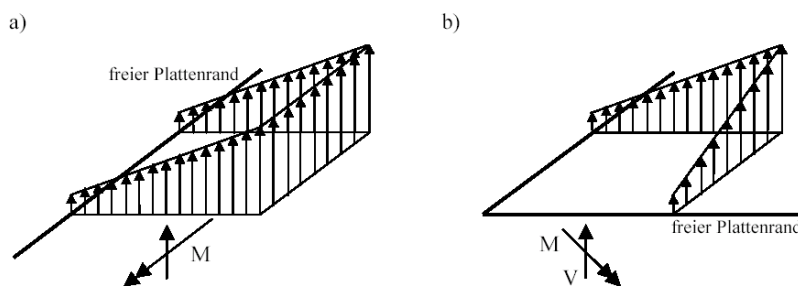
Bild 2.5 Bruchbilder einer Randstütze nach Kordina, Nölting (1986)

aus [ 12 ]

Bei eingespannten Rand- und Eckstützen wird neben der Querkraft zusätzlich das Einspannmoment zwischen Platte und Stütze übertragen. Diese Einleitung erfolgt über Biegemomente an der Stützenfrontseite sowie über Torsionsmomente an den Stützenseiten.



**Bild 2.7** Schubspannungen infolge Momentenübertragung in einem vertikalen Schnitt: a) vertikale Schubspannungen, b) horizontale Schubspannungen



**Bild 2.8** Idealierte Schubspannungsverteilung infolge Querkraft- und Momentenübertragung: a) Randstütze, b) Eckstütze

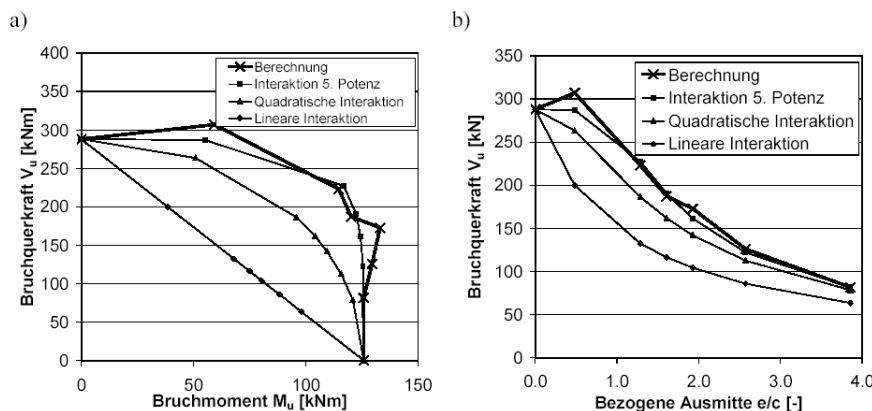
### aus [ 12 ]

Die Neigung der Spannungsverteilung wird mit zunehmendem Moment steiler und die aufnehmbare Stützenkraft nimmt entsprechend ab.

Die Aufteilung des Stützenmomentes in Biege- und Torsionsmomente hängt von den Steifigkeitsverhältnissen ab. Maßgebend hierfür sind die Stützengeometrie, Plattendicke, Bewehrung und das Verhältnis von Querkraft und Biegemoment.

Abschließend soll hier noch ein Vergleich aus [ 12 ] gezeigt werden, der anschaulich die Wirklichkeitsnähe der Interaktionsformel mit dem Exponenten 5 bei einer Eckstütze zeigt.

Insgesamt zeigen die numerischen Untersuchungen zusammen mit der Analyse des Stabwerkmodells in Abschnitt 8.2.1.3, dass die Momenten-Querkraft-Interaktion bei Eckstützen wirklichkeitsnah durch (Gl. 8.4) bzw. (Gl. 8.5) mit dem Exponenten  $n = 5$  angegeben wird.



**Bild 8.8** Vergleich der berechneten Momenten-Querkraft-Interaktion mit Interaktionsansätzen gemäß: a) (Gl. 8.4), b) (Gl. 8.5)

Festzuhalten bleibt, dass sich diese Untersuchungen auf biegesteif angeschlossene „echte“ Rand- und Eckstützen beschränken und damit nicht die rein geometrische Abhängigkeit der Querkraftverteilung berücksichtigen. Nach Recherchen des Verfassers gibt es z.Zt. weder Untersuchungen von Rand- und Eckstützen mit überstehenden Plattenrändern noch für gelenkig angeschlossene Unterstützungen.

In der Praxis kommt jedoch auch der Fall der nicht eingespannten Unterstützung vor (Plattenecke auf Konsole, Flachdecke auf Stahlstützen etc.). Die Querkraftverteilung bezogen auf den kritischen Rundschnitt stellt sich auch völlig anders dar, je nachdem ob der Rundschnitt voll umfänglich oder nur teilweise ausgeprägt ist.

Eine „echte“ Eckstütze, bei der als kritischer Rundschnitt nur etwas mehr als  $\frac{1}{4}$  des vollen Rundschnitts angesetzt wird, weist eine relativ gleichmäßige Querkraftverteilung auf. Besteht ein ca. 4.0xd Randüberstand der Platte und wird hier der volle Rundschnitt angesetzt, so ergibt sich ein völlig anderes Bild. Es ist eine ungleichmäßige Querkraftverteilung bei einem kleineren Einspannmoment festzustellen.

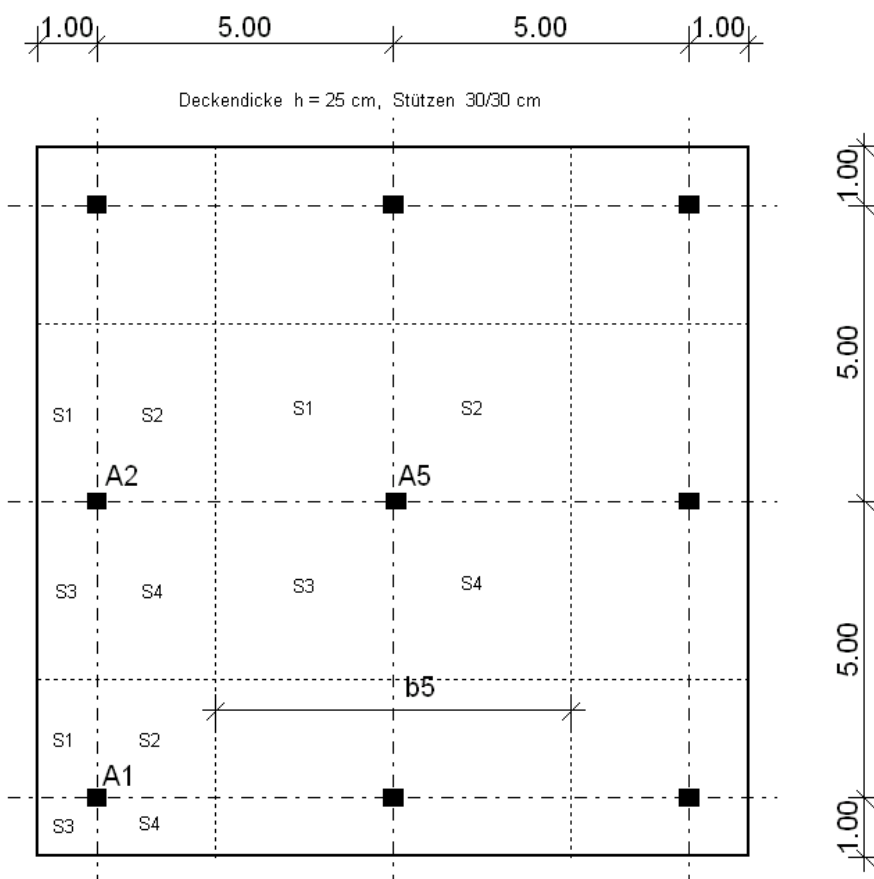
Die Ermittlung des Beiwertes  $\beta$  alleine nach [ 12 ] gilt sicherlich ausschließlich für „echte“ Rand- bzw. Eckstützen (ohne Randüberstand). Die teilweise in Veröffentlichungen vertretene Meinung, dass bei fehlenden Biegemomenten der Beiwert  $\beta$  mit 1.00 angenommen werden kann, ist auch nur in diesen Fällen vertretbar.



Der Beitrag soll dazu anregen, je nach praktischer Situation beide Aspekte ( geometrische Querkraftverteilung und Einspannsituation ) zu bedenken und diese dann nicht alternativ sondern gemeinsam zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere dann, wenn bei ausreichendem Plattenüberstand der volle Rundschnitt und die gesamte Auflagerkraft angesetzt werden.

### Beispiel

Aufgezeigt werden sollen diese Überlegungen an einem kleinen Beispiel. Es wird eine symmetrische Deckenplatte von 10.00 x 10.00 m betrachtet. Sie ist an der Mitte der Ränder, in den Ecken sowie in der Mitte punktförmig unterstützt. Alternativ wird diese Platte allseitig mit einem 1.00 m breit auskragendem Plattenstreifen – Überstand ca. 4.0xd - untersucht. Die Plattendicke beträgt  $h = 25$  cm, die Stützenabmessungen 30/30 cm, die Stützenlänge 3.00 m und die Fußspannung 50%.





Die wirksame Biegesteifigkeit einer Stahlbetonstütze im Zustand II ist abhängig von ihrer Länge, ihrem Bewehrungsgrad und ihrem „gerissenen“ Zustand. Sie stellt sich in der Regel zwischen 20% und 50% bezogen auf die Biegesteifigkeit im Zustand I ein.

Die Deckenplatten werden mit einem üblichen FE-Programm unter einer Vollast von 11 kN/m<sup>2</sup> untersucht. Bei den Stützen werden vergleichend Drehfedern für wirksame Steifigkeiten bezogen auf Zustand I von 0%, 25%, 50% und 100% angesetzt.

Bei dem Plattenbeispiel mit überstehenden Rändern werden die aus den eingetragenen Lasteinflusssektoren 1 bis 4 einlaufenden Querkraftanteile ermittelt und im Verhältnis zur mittleren Querkraftverteilung bezogen auf den vollen Rundschnitt als Beiwert  $\beta_1$  angegeben. Der nach HDB Zulassung bzw. [ 12 ] ermittelte Beiwert  $\beta_2$  wird ebenfalls angegeben.

Die Einflussbreite  $b_5$  gibt einen Anhalt für den Querkraftnullpunkt zur Einteilung der einzelnen Lastezugssektoren.

Die Werte werden tabellarisch für die Auflagerpunkte

1 (Eckstütze), 2 (Randstütze) und 5 (Innenstütze) ausgewertet.

**Es wird hier ausdrücklich daraufhingewiesen, dass es sich bei dem Beispiel um ein unverschiebliches System unter Vollast handelt.**

Die Überlegungen sind grundsätzlich auch auf verschiebliche Systeme anzuwenden. Hier bedarf es jedoch einer anderen Ermittlung der Querkraftverteilung und der Einspannmomente.




**1. Deckenplatte ohne auskragende Ränder**

Schnittkräfte in kN bzw. kNm, Breite in m

	wirksame Biegesteifigkeit der Stützen bezogen auf Zustand I			
	0 %	25 %	50 %	100 %
<b>Eckstütze</b>				
V <sub>1</sub>	43,05	45,53	47,09	48,93
Mx <sub>1</sub>		4,82	7,93	11,66
My <sub>1</sub>		-4,82	-7,93	-11,66
β <sub>1</sub>	1,000	1,000	1,000	1,000
β <sub>2</sub>	1,000	1,004	1,038	1,167
<b>Randstütze</b>				
V <sub>2</sub>	127,73	127,77	128,12	129,00
Mx <sub>2</sub>		7,37	13,14	21,65
My <sub>2</sub>				
β <sub>1</sub>	1,000	1,000	1,000	1,000
β <sub>2</sub>	1,000	1,000	1,000	1,004
<b>Innenstütze</b>				
V <sub>5</sub>	416,90	406,81	399,18	388,28
b5	6,16	6,08	6,02	5,94



<b>2. Deckenplatte mit auskragenden Rändern</b>				
Schnittkräfte in kN bzw. kNm, Breite in m				
	wirksame Biegesteifigkeit der Stützen bezogen auf Zustand I			
	0 %	25 %	50 %	100 %
<b>Eckstütze</b>				
V <sub>1</sub>	102,35	105,41	107,70	110,91
Mx <sub>1</sub>		5,63	9,84	15,72
My <sub>1</sub>		-5,63	-9,84	-15,72
β <sub>1</sub> S 1	0,903	0,930	0,950	0,976
β <sub>1</sub> S 2	1,235	1,391	1,502	1,649
β <sub>1</sub> S 3	0,961	0,748	0,598	0,400
β <sub>1</sub> S 4	0,903	0,930	0,950	0,976
β <sub>2</sub>	1,000	1,000	1,002	1,017
<b>Randstütze</b>				
V <sub>2</sub>	200,08	199,11	198,40	197,45
Mx <sub>2</sub>		7,00	12,34	19,97
My <sub>2</sub>				
β <sub>1</sub> S 1	0,932	0,872	0,826	0,759
β <sub>1</sub> S 2	1,068	1,128	1,175	1,241
β <sub>1</sub> S 3	0,932	0,872	0,8626	0,759
β <sub>1</sub> S 4	1,068	1,128	1,175	1,241
β <sub>2</sub>	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>Innenstütze</b>				
V <sub>5</sub>	374,29	365,93	359,59	350,58
b5	5,83	5,77	5,72	5,65

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass es sich in den meisten Fällen lohnt, im Sinne der DIN 1045-1 eine genauere Untersuchung durchzuführen, da sie in der Regel zu kleineren Beiwerten  $\beta$  führt. Eine alleinige Berechnung der Beiwerte nach [ 12 ] ist jedoch nur in den dort untersuchten Fällen der „echten“ Rand- bzw. Eckstützen angebracht, bei denen eine relativ gleichmässige Querkraftverteilung bezogen auf den kritischen Rundschnitt auftritt. Bei auskragenden Plattenverhältnissen mit vollem Rundschnitt sollte der Durchstanznachweis entweder für den Lastsektor mit der größten Querkraft und anteiligem Rundschnitt oder unter Berücksichtigung der ungleichmäßigen Querkraftverteilung in Form eines höheren Beiwertes als alleine nach [12] geführt werden.



### Mindestbewehrung nach DIN 1045-1 13.1.1

Nach DIN 1045-1 13.1.1 ist bei überwiegend biegebeanspruchten Bauteilen zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens eine Mindestbewehrung für das Rissmoment unter Ansatz einer Stahlspannung von  $f_{yk}$  ( Streckgrenze ) zu berechnen.

Dies kann nach Meinung des Verfassers jedoch nur dann gelten, wenn das im Zustand der Tragfähigkeit ermittelte Moment größer als das Rissmoment ist. In jedem anderen Fall macht es weder Sinn das Moment im Zustand der Tragfähigkeit in gerissenem Zustand mit einer entsprechenden Stahldehnung von 2.5 % noch das Rissmoment im Gebrauchszustand zu bemessen.

In vielen Veröffentlichungen und Tabellenwerken wird dieses Rissmoment in Ermanglung geeigneter Bemessungshilfen vereinfachend mit einem inneren Hebelarm von  $0.9 \times d$  bemessen. Dies liegt weit auf der sicheren Seite.

Eine Bemessung mit dem Parabelrechteckdiagramm nach DIN 1045-1 Bild 23 mit einer Begrenzung der Stahldehnung auf 0.25 % führt zu einem inneren Hebelarm von  $\geq 0.97 \times d$ .

Hier sind bis zu ca. 10% Mindestbewehrung einzusparen.

- [ 4 ] DAfStb Heft 525 (2003) Erläuterungen zu DIN 1045-1
- [ 6 ] DIN 1045 : Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung ( Juli 1988 )
- [ 11 ] Hegger,J.;Beutel,R. : Hintergründe und Anwendungshinweise zur Durchstanzbemessung nach DIN 1045-1 (Teile 1 und 2) Bauingenieur Band 77, S. 535-549, 2002
- [ 12 ] Vocke,H. : Durchstanzen von Flachdecken im Bereich von Rand- und Eckstützen. Dissertation Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, 2002

Neureichenau, im März 2005

Dipl.-Ing. Dieter Vogelsang

V O G E L S A N G  
S Y S T E M H A U S