

# Aussparungen beim Durchstanznachweis

## Lastpfade im Sektorenmodell V.0012 – realistische Bemessung

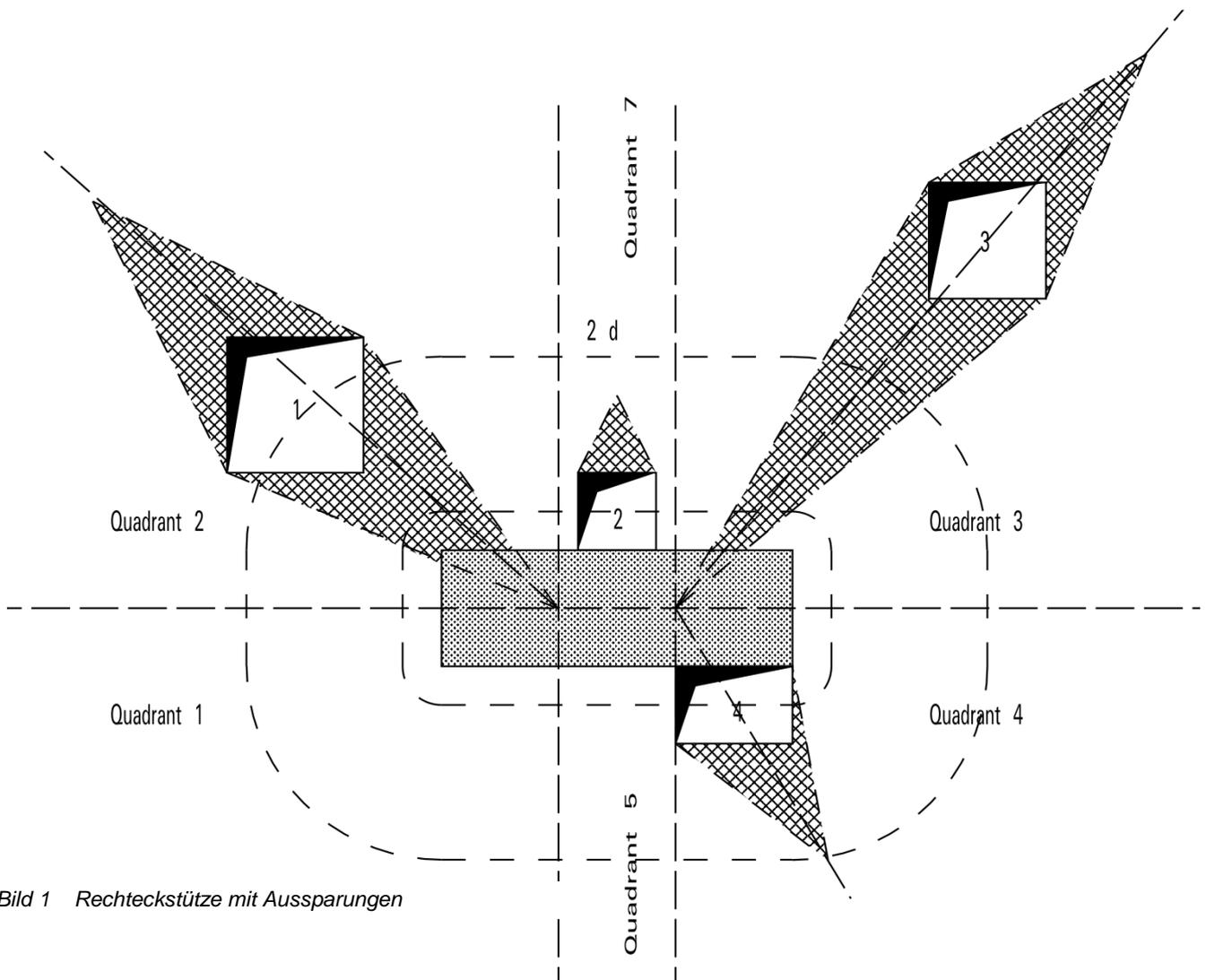
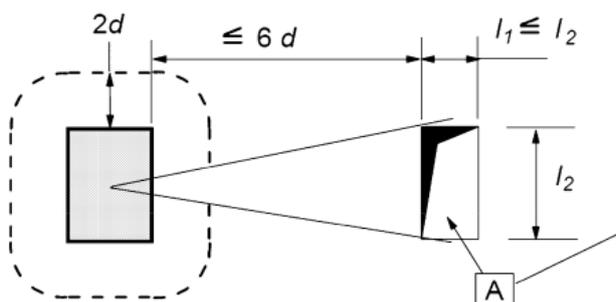


Bild 1 Rechteckstütze mit Aussparungen

### EN 1992-1-1 Bild 6.14



Die Aussparungsregel nach Bild 6.14 in EN 1992-1-1 ist für das Sektorenmodell, das über Lastpfade arbeitet, ungeeignet und unrealistisch, da sie nicht dem tatsächlichen Kräfteverlauf entspricht. Sie liegt teilweise weit auf der unsicheren Seite.

Hauptsächlich ist kritisch zu hinterfragen, dass lediglich ein Teil des Rundschnitts ausgeschnitten wird und die gesamte Querkraft auf den Restumfang gleichmäßig verteilt wird. Tatsächlich konzentriert sich der umgeleitete Lastanteil um die Aussparung herum und wird an ihrer nächstliegenden Stützensseite in diese eingetragen.

Auch der Grenzabstand  $6d$  scheint willkürlich gewählt, da er nicht von der Deckendicke sondern von der vorhandenen Aussparungsgeometrie abhängt.

Stütznahе Aussparungen innerhalb des kritischen Rundschnitts führen bei sinngemäßer Anwendung des Bildes 6.14 zu sehr großen auszuschneidenden Rundschnittlängen, die weit über die tatsächliche Lastumleitungsbreite hinausgehen.

### Lastumleitung über Lastpfade

Bild 1 zeigt eine Mittelstütze mit verschiedenen umliegenden Aussparungen.

Aussparung 1 liegt direkt auf dem kritischen Rundschnitt, Aussparung 3 außerhalb und die Aussparungen 2 und 4 innerhalb direkt an der Stütze.

In den Quadranten 1 bis 4 ist ein Durchstanznachweis und in den Quadranten 5 und 7 ein Querkraftnachweis zu führen.

Untersuchungen zur Lastumleitung durch Aussparungen mit FE-Methoden führen zu einem mittleren Umlenkwinkel von ca.  $30^\circ$ . Es wird deshalb davon ausgegangen, dass auf der stützenfernen Seite die Lastanteile in diesem Winkel umgelenkt werden.

Zur Stütze hin verläuft der resultierende Lastpfad in den Eckbereichen ( 1 bis 4 ) vom Aussparungszentrum zum Mittelpunkt des Quadranten und in den Mittelbereichen ( 5 und 7 ) lotrecht zur Stütze hin. Das Zusammenfließen der Lastpfade wird hier gemäß Norm am Nullpunkt der Quadranten angenommen, obwohl sie schon nach einer Länge der ca. 2-fachen Umlenkbreite wieder zusammenlaufen und sich damit die Lastkonzentration um die Aussparung herum wieder aufgehoben hat, so dass am Stützenrand wieder das volle  $u_0$  zur Verfügung stünde. In Bild 1 sind diese Bereiche schraffiert.

In jedem betrachteten Rundschnitt werden durch diese Flächen die Bereiche bestimmt, die auf die Nachbarbereiche umzuleiten sind. Hierbei wird davon ausgegangen, dass auf jeder Seite der Aussparung aufgrund von Lastumlagerungen die volle Umlenkbreite als Verteilungsbreite angesetzt werden kann.

Diese Betrachtung führt gegenüber der Norm zu höheren aber realistischeren Lastkonzentrationen neben den Aussparungen.

### Durchstanzbemessung

Die skizzierte Lastverteilung zeigt, dass innerhalb liegende Aussparungen teilweise ( Aussp. 2 und 4 ) keinen Einfluss auf den kritischen Rundschnitt haben, obwohl sie das gesamte Tragverhalten erheblich beeinträchtigen.

Sie führen nicht nur zu Lastkonzentrationen in diesem Bereich, sondern behindern auch den für den erhöhten Durchstanzwiderstand erforderlichen mehrachsigen Spannungszustand. Eine Ermittlung des maximalen

Durchstanzwiderstands am kritischen Rundschnitt erscheint deshalb fragwürdig.

Gleichzeitig ist zu erkennen, dass eine einheitliche Bemessung nur im kritischen Rundschnitt nicht richtig sein kann, da in jedem Bemessungsschnitt völlig andere Querschnitte und durch die Lastkonzentrationen andere Beanspruchungen auftreten können.

Dieser Tatsache wird in unserem Programm V.0012 "Durchstanz nach Sektorenmodell" (VP-Mail 01/2015) dadurch Rechnung getragen, dass in jedem Bemessungsschnitt eine Bemessung mit der dort auftretenden Beanspruchung und dem dort vorhandenen Querschnitt durchgeführt wird.

Liegen Aussparungen innerhalb des kritischen Rundschnitts, werden zusätzlich am Stützenanschnitt in allen Quadranten Druckstrebnachweise mit dem jeweiligen Restquerschnitt und der aus den Lastkonzentrationen größten Beanspruchung geführt.

Ein praktisches Beispiel soll die Methode erläutern.

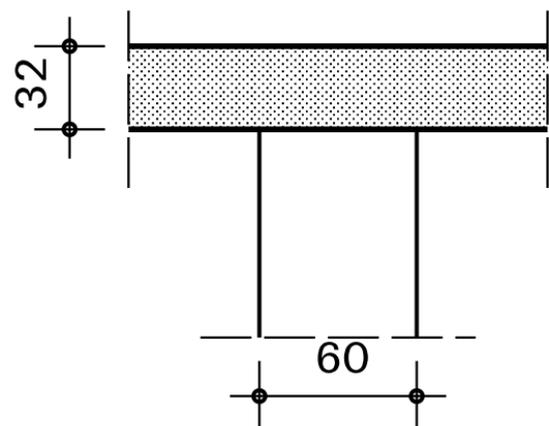


Bild 2 Schnitt

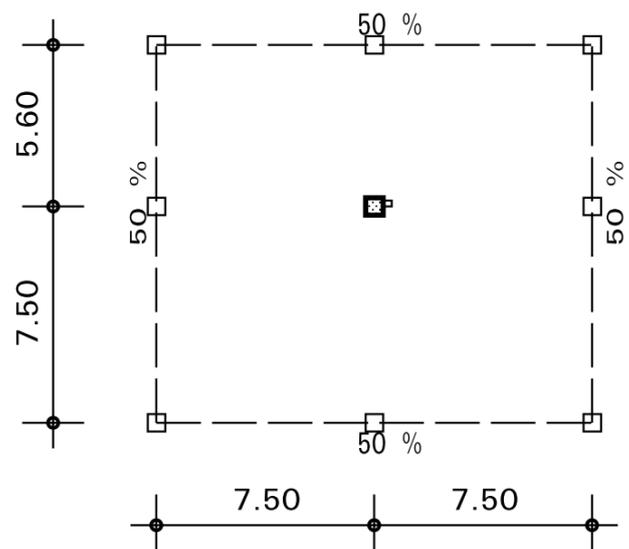


Bild 3 Deckengeometrie

Eine 32 cm dicke Flachdecke wird von einer quadratischen Stütze 60/60 cm unterstützt. An ihrer rechten Seite befindet sich eine kleine Aussparung  $b_x/b_y = 30/20$  cm direkt an der Stütze.

Die Deckengeometrie ergibt sich aus Bild 3. Das Stützweitenverhältnis ist  $> 1.25$ , so dass eine Berechnung mit den  $\beta$ -Werten nach Norm nicht zulässig ist. Der Durchstanznachweis kann nur z.B. mit einem Sektorenmodell geführt werden.

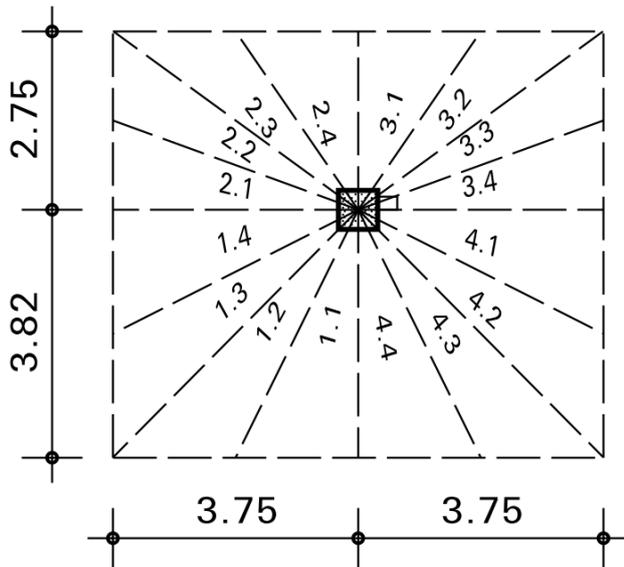


Bild 4 Sektoren mit Lasteinzugsflächen

	d	$\rho_1$	$as_1$	$u_1$	$A_{cont}$	LEW	MAKO	$v_{Ed}$	$v_{Rd,c}$	$v_{Rd,max}$
	cm	%	cm <sup>2</sup> /m	m	m <sup>2</sup>	gqEK	gqEK	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
1 unt/li	27.0	1.00	54.0	1.448	0.643	10	1000	0.832	0.694	1.360
2 ob/li	27.0	0.93	50.1	1.448	0.643	10	1000	0.627	0.677	1.326
Durchstanzbewehrung nicht erforderlich										
3 ob/re	27.0	1.00	54.0	1.243	0.643	10	1000	0.731	0.694	1.360
4 unt/re	27.0	1.00	54.0	1.448	0.643	10	1000	0.832	0.694	1.360

### Druckstrebenachweise auflagnaher Sonderlasten bzw. Aussparungen

Sonderlasten mit Schwerpunkt näher als  $u_1$  werden nur bei dem Druckstrebenachweis berücksichtigt ( Nachweis nach Schlaich/Schäfer BK 2001 II S. 311 ff ). Streckenlasten werden in Einzellastgruppen mit einem Seitenverhältnis der Aufstandsflächen  $< 1.5$  unterteilt und einzeln behandelt. Es werden grundsätzlich die zul. Spannungen nach EN 1992-1-1 6.5.4 (4) für Druck-Zugknoten mit  $0.75 f_{cd}$  angesetzt.

LEW : Leiteinwirkung

MAKO : maßgebende Kombination

Stahlbeton C 30/ 37

Betonstahl B500B(S)

 $f_{cd} = 17.0 \text{ N/mm}^2$ 

	LEW	MAKO	$v_{Ed}$	z	$a_1$	$\theta$	$a_0/a_2$	$f_{c,Ed}$	$\sigma_{cd}$	Ausn.
	gqEK	gqEK	kN/m	cm	cm	°	cm	kN/m	N/mm <sup>2</sup>	kN/m
1 unt/li	10	1000	528.1	24.3	27.0	42.0	18.1	789.4	4.4	0.34
2 ob/li	10	1000	398.0	24.3	27.0	42.0	18.1	595.0	3.3	0.26
3 ob/re	10	1000	626.6	24.3	27.0	42.0	18.1	936.6	5.2	0.41
4 unt/re	10	1000	528.1	24.3	27.0	42.0	18.1	789.4	4.4	0.34

Bild 4 zeigt die vom Programm erstellte Sektoreinteilung und über die Deckengeometrie ermittelten Lasteinzugsflächen.

Die Aussparung liegt an der rechten Stützensseite an der Mittelachse.

Wie die folgenden Druckausschnitte zeigen, wäre ohne die Aussparung in den beiden oberen Quadranten rechnerisch keine Durchstanzbewehrung erforderlich.

Die Aussparung schnürt im rechten oberen Quadranten den kritischen Rundschnitt um 20.5 cm ein, so dass dort wegen der Lastkonzentration neben der Aussparung eine Durchstanzbewehrung erforderlich wird.

Das  $v_{ED}$  wird um ca. 18% größer.

Der Druckstrebenachweis am Stützenrand zeigt gegenüber dem linken oberen Quadranten eine Erhöhung der Ausnutzung von 0.26 auf 0.41, d.h. die Beanspruchung steigt um ca. 50%, da die Aussparung das  $u_0$  des Quadranten um 1/3 reduziert.

### Kopfbolzenanordnung Stütze

Eine evtl. Aussparungsgeometrie wird nicht berücksichtigt. Die Leisten sind konstruktiv zu verschieben bzw. zu ergänzen.

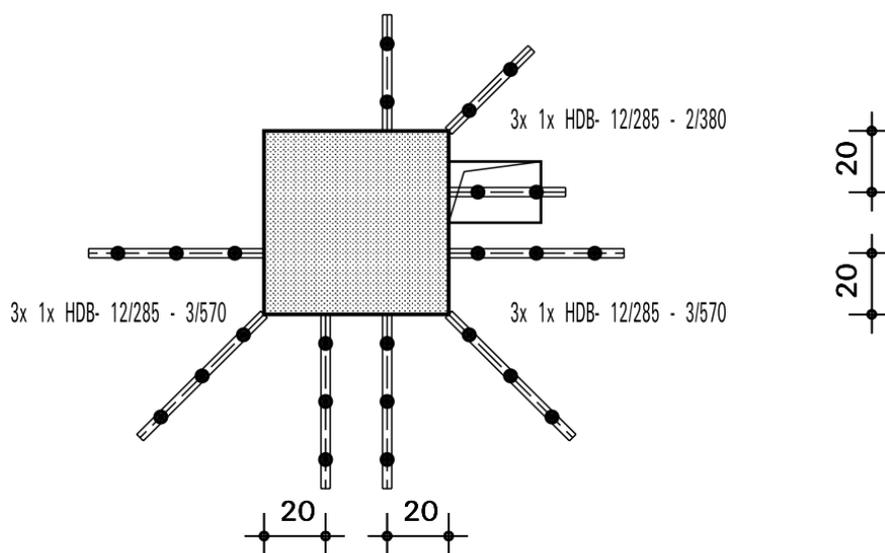


Bild 5 rechnerisch erforderliche Kopfbolzenanordnung

Bild 5 zeigt die rechnerisch erforderliche Anordnung der Kopfbolzenleisten. Hierbei wird auf die Aussparungsgeometrie keine Rücksicht genommen, da diese bei mehreren Aussparungen sehr kompliziert werden und nur vom Anwender konstruktiv gelöst werden

kann. In diesem Fall wäre die kleine rechte waagerechte Kopfbolzenleiste über die Aussparung zu schieben.

Neureichenau, im März 2015



Dipl.-Ing. Dieter Vogelsang