



**Programm V.0012 Durchstanznachweis nach Sektorenmodell Stand 19.03.2016**

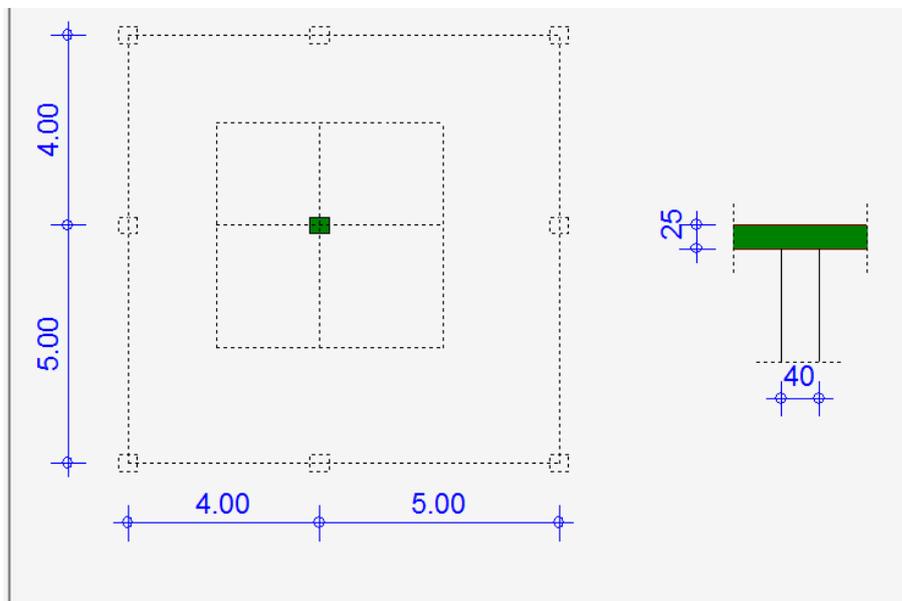
**Theoretische Erläuterungen und Beispiele**

**Deckensysteme**

Um die Sektoren ermitteln zu können, muss immer ein Deckensystem eingegeben werden. Es werden je nach Art - Stütze, Wandecke oder Wandkopf - Stützweiten in bis zu 4 Richtungen erfasst. In jeder Richtung kann die jeweilige abliegende Auflagerandbedingung als Kragarm, frei drehbar gelagert oder elastisch eingespannt definiert werden.

Systemwerte							
Decke	h	25.0	cm				
Stütze	Art	1	1/2/3	Form	1	1/2 = eckig/rund	
	bx/d	40.0	cm	by/d	40.0	cm	
Kopf	Form	0	0/1/2 = nein/eckig/rund				
	hh	0.0	cm	phi	0	0/1	
	bx	0.0	cm	by	0.0	cm	
	Stützweite			Randart		Einspanngrad	
unten	5.000	m		2	0/1/2	50.0	%
links	4.000	m		2	0/1/2	50.0	%
oben	4.000	m		2	0/1/2	50.0	%
rechts	5.000	m		2	0/1/2	50.0	%

Dicke der Platte in cm



Das Programm bestimmt daraus die einzelnen Lastezugsflächen der Quadranten. Die Grenzen der Quadranten bilden i.d.R. die Achsen durch den Stützen Mittelpunkt, d.h. auch bei einer Randstütze sind z.B. vier Deckenquadranten einzugeben, wobei die Quadranten zum freien Rand als Breite die halbe Stützenbreite aufweisen. Werden diese mit 0 eingegeben, steht die Stütze mit der Hälfte ihrer Fläche außerhalb der Decke.

## Einwirkungen

Zunächst werden die **Flächenlasten** erfasst.

Flächenlast							
Normalspannung		Sigcx	0.00	N/mm2	Sigcy	0.00	N/mm2
Nr	Quadrant	Flächenlast q	Gesamtlast Vk	EWK	Bemerkung		
1/2/3/4/5		kN/m2	kN				
1	5	7.75	0.00	1	g		
2	5	3.00	0.00	3	q		
2	5	3.00	0.00	3	q		

belasteter Quadrant  
1/2/3/4/5 = unten li / oben li / oben re / unten re / alle

Diese können wahlweise je Quadrant unterschiedlich oder mit Kennziffer 5 für alle Quadranten gleich nach den Einwirkungskategorien der EN 1991 (EWK) getrennt eingegeben werden.

Wahlweise ist es möglich zur Gleichgewichtskontrolle für die Flächenlast eine Gesamtlast zu erfassen, da die Deckengeometrie die tatsächlichen Verhältnisse nur annähernd erfassen kann. Hier ist es z.B. sinnvoll die berechnete Gesamtlast aus einer FE-Berechnung zu erfassen. Wenn die Summe V aus der ermittelten Einzugsfläche und den vorgegebenen Flächenlasten geringer ist als die eingegebene Gesamtlast, wird die Flächenlast mit dem Wert V/A korrigiert und die Lastanteile entsprechend den Einzugsflächen quadrantenweise verteilt.

Wahlweise können beliebig viele **Sonderlasten** als Einzel- oder Streckenlast separat erfasst werden.

Sonderlasten								Einwirkungen Last Nr. 1			
Nr.	Art	x1	y1	c	W	bx	by	Nr.	Fk	EWK	Bemerkung
		m	m	m	°	m	m	kN/(m)			
1	2	1.200	1.300			0.300	0.300	1	10.00	1	G
2								2	4.60	3	Q

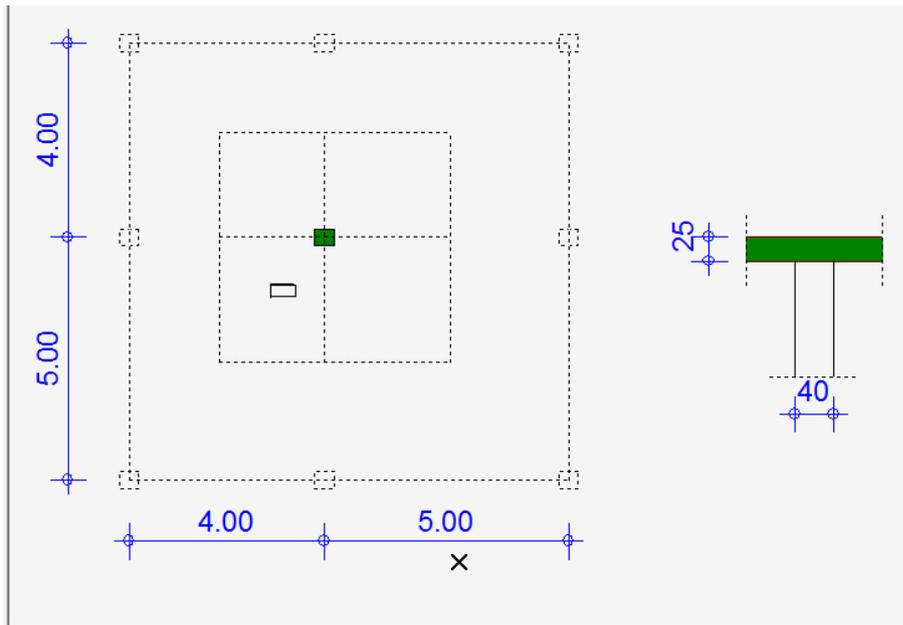
Aufstandsbreite in y - Richtung  
( bei Streckenlast Breite quer zur Lastrichtung )

charakteristische Einwirkung

Zunächst werden die Lage auf einem der angrenzenden Quadranten und dann die Einwirkungsanteile nach Einwirkungskategorien getrennt eingegeben.

Alle Kombinationen nach EN 1990 aus Flächen- und Sonderlasten werden automatisch untersucht.





### Konstruktionswerte

Konstruktionswerte						
Biegebewehrung						
Randabstand	d1x	2.5	cm	d1y	3.5	cm
aussen	asx	10.00	cm <sup>2</sup> /m	asy	10.00	cm <sup>2</sup> /m
innen	asx		cm <sup>2</sup> /m	asy		cm <sup>2</sup> /m
Stanzbewehrung		2	0/1/2	sr	0.70	d
	vRdmax	1.96	vRdc			
Art der evtl. Durchstanzbewehrung ( 0 = nein, 1 = Betonstahl, 2 = Kopfbolzen )						

Hier werden die Randabstände und Größe der Biegebewehrung bestimmt. Außerdem kann festgelegt werden, ob Durchstanzbewehrung vorzusehen ist und wenn ja, ob sie aus Bügeln oder Kopfbolzen bestehen soll. Je nach Bewehrungsart kann die Bestimmung von  $V_{Rdmax}$  nach Norm oder Zulassung angewählt werden.

### Konstruktionsparameter

Korrekturparam.		
Die einzelnen Kriterien können mit 0 oder 1 aus- bzw. eingeschaltet werden. Die evtl. Korrekturen werden in der gezeigten Reihenfolge durchgeführt.		
Biegebewehrung vergrößern	1	0/1 = nein/ja
max. Bewehrungsgrad	2.00	%
Säulenkopfdicke vergrößern	-	0/1 = nein/ja
Säulenkopfbreite vergrößern	-	0/1 = nein/ja
Betonfestigkeitsklasse vergrößern	0	0/1 = nein/ja
Deckendicke vergrößern	1	0/1 = nein/ja
Biegebewehrung im Stanzbereich erhöhen		

Es ist eine automatische Korrektur der Abmessungen bzw. Bewehrung vorgesehen, die über die Parameter ein- bzw. ausgeschaltet werden kann.



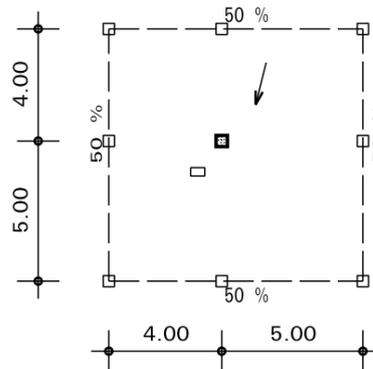
**Sektorenmodell in 2 Beispielen**

**Beispiel 1 Innenstütze Stützweitenverhältnis 1 : 1.25**

**Deckengeometrie**

SW : Stützweite des angrenzenden Feldes  
 Rand : 0 = Kragarm, 1 = frei drehbares Auflager  
           2 = eingespannt  
 Einsp. : Einspanngrad in %

	SW m	Rand	Einsp. %
unten	5.000	2	50.0
links	4.000	2	50.0
oben	4.000	2	50.0
rechts	5.000	2	50.0



**Aussparungen**

Form	bx/d cm	by cm	ex m	ey m
eckig	50.0	30.0	-0.850	-1.100

**Durchstanznachweis**

Über die Deckengeometrie wird unter Volllast auf allen Plattenquadranten die größte auf den anteiligen kritischen Rundschnitt bezogene Querkraft aus Flächenlast ermittelt. Hierzu wird jeder Quadrant in Sektoren eingeteilt. Die Einteilung erfolgt so, dass mindestens vier Sektoren gebildet werden. Die halbe Quadrantenfläche wird maximal einem Winkel von 22.5° zugewiesen. Der Konzentrationsfaktor  $k_Q$  je Quadrant ergibt sich für die Flächenlasten aus dem Mittelwert der Rundschnittverhältnisse aus der Fläche des Sektors zu denen des Quadranten (Diss. R.Beutel 2002 RWTH Aachen). Um den Mindestwert nach Norm  $\beta = 1.10$  einzuhalten, wird der Faktor  $k_Q$  so begrenzt, dass die größte Beanspruchung eines Quadranten mind. der 1.1-fachen Beanspruchung des gesamten Durchstanzumfangs aus  $V_{Ed,ges}$  entspricht.

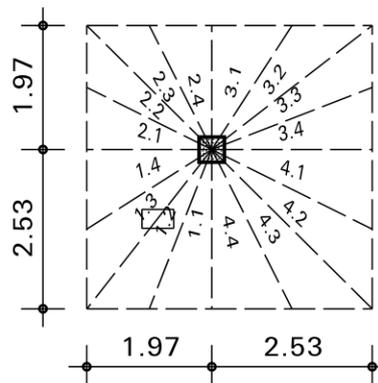
Sonderlasten strahlen über ihre Aufstandsbreite zu den Rändern der Unterstützung aus. Daraus ergeben sich die Rundschnittsbereiche, die daraus zusätzlich beansprucht werden.

Jeder Quadrant wird insgesamt für die größte in ihm auftretende Rundschnittsbeanspruchung bemessen.

Quadrant	bx m	by m	$u_1$ m	$k_Q$
1 unt/li	1.970	2.530	1.091	1.06
2 ob/li	1.970	1.970	1.091	1.02
3 ob/re	2.530	1.970	1.091	1.06
4 unt/re	2.530	2.530	1.091	1.02
$\beta_{Norm}$				1.30

**sektorweise Flächenlastanteile am Rundschnitt  $u_1$**

Sektor	dW °	A m <sup>2</sup>	$u_1$ m	$V_{Ed}$ kN
1.1	21.3	1.237	0.248	18.5
1.2	16.6	1.239	0.208	18.5
1.3	19.4	1.237	0.243	18.5
1.4	32.7	1.231	0.392	18.4
1.0	90.0		1.091	74.0
2.1	26.6	0.958	0.315	14.3
2.2	18.4	0.962	0.231	14.4
2.3	18.4	0.962	0.231	14.4
2.4	26.6	0.958	0.315	14.3
2.0	90.0		1.091	57.5
3.1	32.7	1.231	0.392	18.4



Sektor	dW e	A m <sup>2</sup>	u <sub>1</sub> m	V <sub>Ed</sub> kN
3.2	19.4	1.237	0.243	18.5
3.3	16.6	1.239	0.208	18.5
3.4	21.3	1.237	0.248	18.5
3.0	90.0		1.091	74.0
4.1	26.6	1.588	0.315	23.8
4.2	18.4	1.592	0.231	23.8
4.3	18.4	1.592	0.231	23.8
4.4	26.6	1.588	0.315	23.8
4.0	90.0		1.091	95.2
ges				300.6

Das Beispiel zeigt eine Innenstütze mit einem Stützweitenverhältnis von 0.80 bzw. 1.25 und stellt damit den Grenzfall der EN 1992-1-1 dar, für den noch pauschale Lasterhöhungsfaktoren verwendet werden dürfen.

Alle Quadranten werden in mindestens 4 Sektoren eingeteilt und der zugehörige kritische Umfang ermittelt. Daraus ergibt sich der Konzentrationsfaktor  $k_Q$  für die einzelnen Quadranten und deren Flächenlast. Dieser ist von der Geometrie des einzelnen Quadranten abhängig und wird aus dem Mittelwert der Sektoren gebildet.

Die Ermittlung eines Konzentrationsfaktors über die Deckengeometrie führt mathematisch bei absolut symmetrischen Quadranten zwangsläufig zum Faktor 1.0. Da die Norm als Mindestwert generell 1.10 fest schreibt, wird der Faktor  $k_Q$  so begrenzt, dass die Beanspruchung im höchstbelasteten Quadranten mind. dem 1.10 - fachen der Beanspruchung des Gesamtumfangs aus der gesamten Querkraft entspricht.

In der Sektortabelle sind die Lasteinzugsflächen der einzelnen Sektoren und die dort angreifenden Querkräfte mit dem zugehörigen anteiligen Rundschnitt angegeben.

In der Quadrantentabelle wird am Ende der fiktive Wert  $\beta$  nach Norm angegeben.

Dieser ermittelt sich wie folgt:

Der untere rechte Quadrant stellt für die Stütze die größte Beanspruchung dar.

Last/m Rundschnitt:

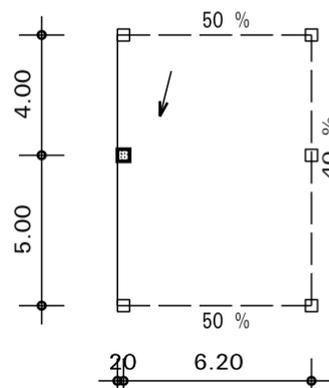
Quadrant unten/rechts	$95.2 / 1.091 \cdot 1.02$	= 89.0 kN/m
gesamt	$300.6 / 1.091 / 4$	= 68.8 kN/m
$\beta$ nach Norm	$89.0 / 68.8$	= 1.30

Damit liegt der Wert bei Innenstützen gemäß EN 1992-1-1 NA auf der sicheren Seite.

### Beispiel 2 Randstütze Stützweitenverhältnis 1 : 1.25 Deckengeometrie

- SW : Stützweite des angrenzenden Feldes  
 Rand : 0 = Kragarm, 1 = frei drehbares Auflager  
       2 = eingespannt  
 Einsp. : Einspanngrad in %

	SW m	Rand	Einsp. %
unten	5.000	2	50.0
links	0.200	0	50.0
oben	4.000	2	50.0
rechts	6.200	2	40.0





### Durchstanznachweis

Über die Deckengeometrie wird unter Vollast auf allen Plattenquadranten die größte auf den anteiligen kritischen Rundschnitt bezogene Querkraft aus Flächenlast ermittelt. Hierzu wird jeder Quadrant in Sektoren eingeteilt. Die Einteilung erfolgt so, dass mindestens vier Sektoren gebildet werden. Die halbe Quadrantenfläche wird maximal einem Winkel von 22.5° zugewiesen. Der Konzentrationsfaktor  $k_Q$  je Quadrant ergibt sich für die Flächenlasten aus dem Mittelwert der Rundschnittverhältnisse aus der Fläche des Sektors zu denen des Quadranten (Diss. R.Beutel 2002 RWTH Aachen). Um den Mindestwert nach Norm  $\beta = 1.10$  einzuhalten, wird der Faktor  $k_Q$  so begrenzt, dass die größte Beanspruchung eines Quadranten mind. der 1.1-fachen Beanspruchung des gesamten Durchstanzumfangs aus  $V_{Ed,ges}$  entspricht.

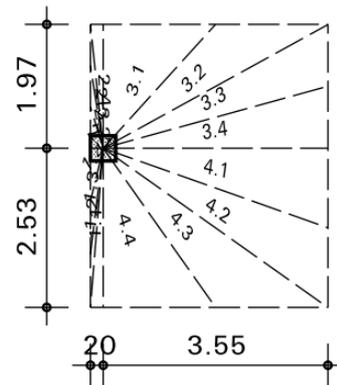
Sonderlasten strahlen über ihre Aufstandsweite zu den Rändern der Unterstützung aus. Daraus ergeben sich die Rundschnittbereiche, die daraus zusätzlich beansprucht werden.

Jeder Quadrant wird insgesamt für die größte in ihm auftretende Rundschnittbeanspruchung bemessen.

Quadrant	$b_x$ m	$b_y$ m	$u_1$ m	$k_Q$
1 unt/li	0.200	2.530	0.200	1.00
2 ob/li	0.200	1.970	0.200	1.00
3 ob/re	3.550	1.970	1.091	1.21
4 unt/re	3.550	2.530	1.091	1.08
$\beta_{Norm}$				1.37

### sektorweise Flächenlastanteile am Rundschnitt $u_1$

Sektor	$dW$ °	$A$ m <sup>2</sup>	$u_1$ m	$V_{Ed}$ kN
1.1	4.5	0.251	0.100	3.8
1.2	2.3	0.083	0.033	1.2
1.3	6.6	0.081	0.033	1.2
1.4	76.7	0.050	0.033	0.8
1.0	90.0		0.200	7.0
2.1	73.1	0.033	0.033	0.5
2.2	8.3	0.062	0.033	0.9
2.3	2.9	0.064	0.033	1.0
2.4	5.8	0.194	0.100	2.9
2.0	90.0		0.200	5.3
3.1	42.0	1.730	0.508	25.9
3.2	19.0	1.740	0.238	26.0
3.3	13.5	1.742	0.168	26.1
3.4	15.5	1.741	0.178	26.1
3.0	90.0		1.091	104.0
4.1	19.6	2.237	0.228	33.5
4.2	15.9	2.238	0.199	33.5
4.3	19.4	2.237	0.243	33.5
4.4	35.1	2.230	0.421	33.4
4.0	90.0		1.091	133.8
ges				250.1



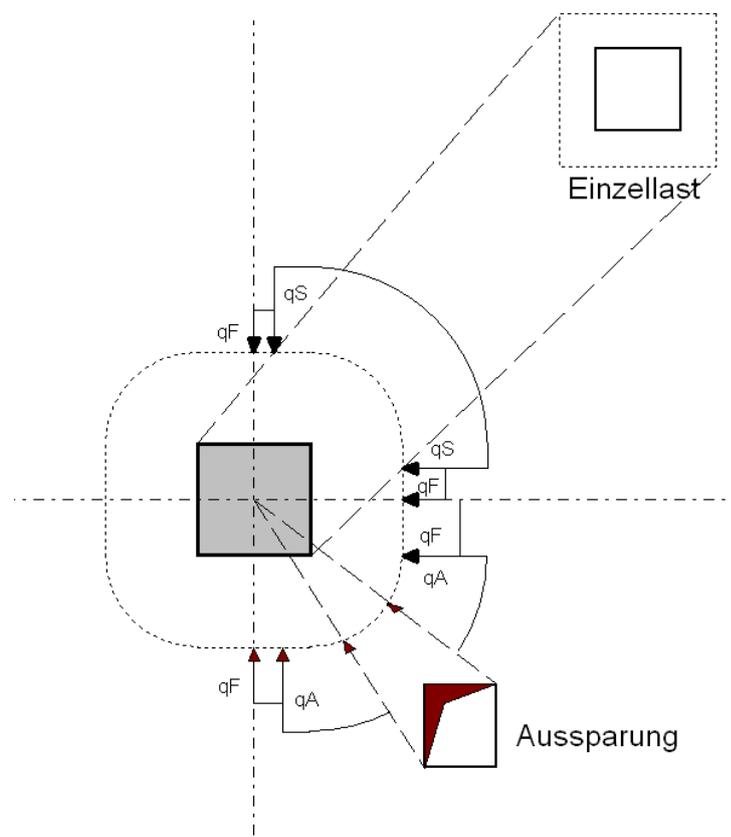
Das zweite Beispiel zeigt die Einteilung bei einer Randstütze ohne Plattenüberstand. Das Stützweitenverhältnis beträgt wieder 0.80 bzw. 1.25. Maßgebend ist der untere rechte Quadrant.

Last/m Rundschnitt:

Quadrant unten/rechts	$133.8 / 1.091 * 1.08$	= 132.5 kN/m
gesamt	$250.1 / 2.582$	= 96.9 kN/m
$\beta$ gesamt	$132.5 / 96.9$	= 1.37

Die Beispiele sollen zeigen, dass gegenüber den pauschalen Werten der EN 1992-1-1 mit dem Sektorenmodell vergleichbare Werte erreicht werden.

## Verteilung Sonderlasten und Aussparungen

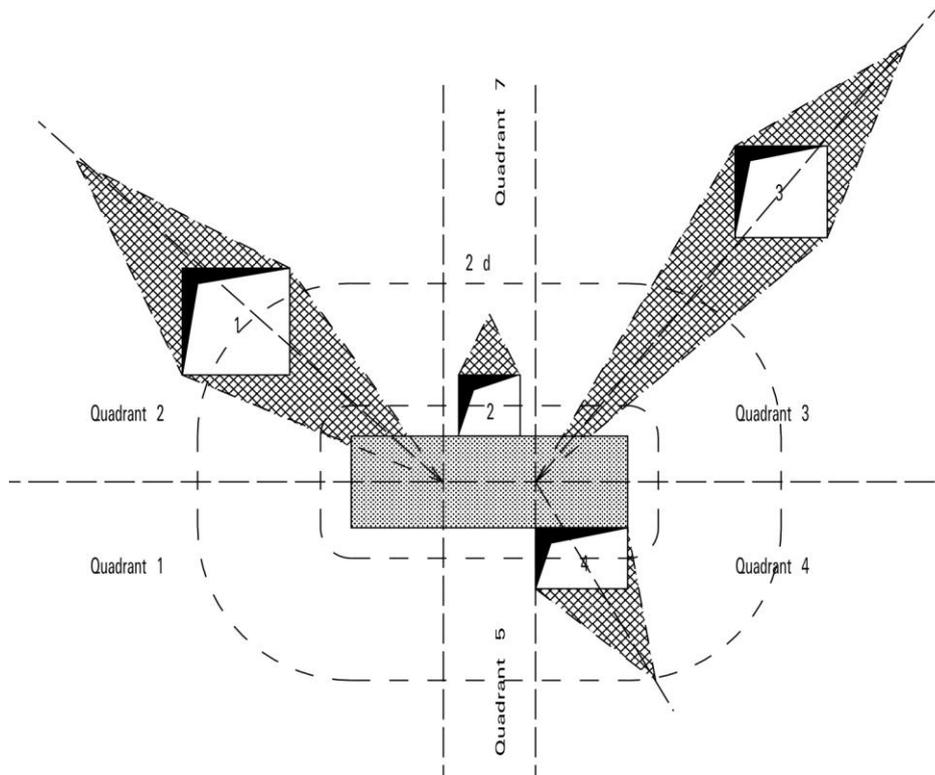


Die Aufstandsfläche von Sonderlasten wird allseitig um das Maß  $h/2$  der Decke verbreitert und dann eine Ausstrahlung zu den äußeren Eckpunkten der Stütze ermittelt. Die Schnittpunkte dieser Strahlen mit dem betrachteten Rundschnitt ergibt die Verteilungsbreite der Sonderlast. Dieser Sonderlastanteil wird zu dem Flächenlastanteil  $q_F$  addiert und ergibt die gesamte Beanspruchung  $q_S$  in diesem Bereich.

Diese Betrachtung wird bei der Bemessung in jedem Rundschnitt neu durchgeführt. Ist die Aufstandsfläche der Last kleiner als die Stütze, wächst die Beanspruchung aus der Einzellast mit der Entfernung des betrachteten Rundschnitts an. Umgekehrt nimmt sie ab. Reicht die Ausstrahlung in einen benachbarten Quadranten, dann wird der entsprechende Lastanteil auf diesen übertragen. Dies kann dazu führen, dass die Lastausstrahlung bei näher an der Stütze liegenden Rundschnitt in den Nachbarquadranten ausstrahlt und bei größerem Rundschnittabstand von der Stütze im Quadranten der Sonderlast bleibt.

Die Behandlung von Aussparungen in der Norm ist u.E. nicht korrekt. Sie wurde bisher auch nicht wissenschaftlich untersucht. Die Lastanteile im Bereich einer Aussparung werden um diese herumgelenkt und beanspruchen jeweils einen kleinen Rundschnittbereich seitlich der Aussparung. Sie auf die restliche Rundschnittlänge zu verteilen, wie es die Norm vorsieht, überschätzt das Tragverhalten erheblich und ist damit unsicher.

**Es wird von uns deshalb dringend empfohlen, Aussparungsfälle nicht nach Norm zu bemessen bzw. dabei zumindest immer den Rotationsbeiwert  $\beta$  entsprechend z.B. auf den Randstützenfaktor zu erhöhen.**



Das Programm V.0012 behandelt Aussparungen gemäß der Skizze. Es wird jeweils ein Umlenkbereich ermittelt, der im betrachteten Schnitt lastlos gesetzt wird. Die umgelenkten Lastanteile werden seitlich mit der Aussparungsbreite als Verteilungsbreite an dem Rundschnitt zusätzlich angesetzt.

Der Einfluß mehrerer Aussparungen wird unabhängig vom Abstand der Aussparungen zum Rundschnitt bei Überlappung addiert.

Liegt neben einer Aussparung nur ein Steg bis zur nächsten Aussparung, dann wird die umzuleitende Last einschl. evtl. Sonderlastanteilen nur über diese Stegbreite zur Stütze geleitet und verursacht eine entsprechend große Beanspruchung.

Diese vorbeschriebene Betrachtungsweise führt dazu, dass das Sektorenmodell im Fall von Aussparungen richtigerweise zu einer wesentlich größeren Beanspruchung des betrachteten Rundschnitts als nach EN 1992-1-1 führt. Die DIN macht hier jedoch den Fehler, die gesamte Last auf den Restumfang des Rundschnitts zu verteilen.

In diesen Fällen wird die Belastung am kritischen Rundschnitt vom Programm ausgedruckt.

#### Lastbilder des kritischen Rundschnitts

Winkeleinteilung im Uhrzeigersinn, Gleichlast des Abschnitts bis zum Teilwinkel

a	Qua-	Winkel	q	Qua-	Winkel	q	Qua-	Winkel	q	Qua-	Winkel	q
m	drant	°	kN/m	drant	°	kN/m	drant	°	kN/m	drant	°	kN/m
0.440	1	0.0	101.6	2	0.0	53.0	3	0.0	69.6	4	0.0	91.0
		25.6	101.6		90.0	53.0		13.2	69.6		90.0	91.0
			0.0						84.4			
		49.2	0.0					71.7	84.4			
			104.4						69.6			
		72.7	104.4					90.0	69.6			
			69.6									
		90.0	69.6									
Summe			76.0			57.8			86.4			99.3

Im Beispiel wird infolge der Aussparung gemäß Skizze Seite 4 im 1. Quadranten der Winkelbereich zwischen 25.6° und 49.2° lastlos gestellt. Aus der Lastumleitung ergeben sich in den Bereichen von 49.2° bis 72.7° bzw. 0° bis 25.6° höhere Rundschnittbeanspruchungen. Die Sonderlast gemäß Skizze Seite 3 bewirkt im 3. Quadranten im Bereich von 13.2° bis 71.7° eine höhere Beanspruchung.

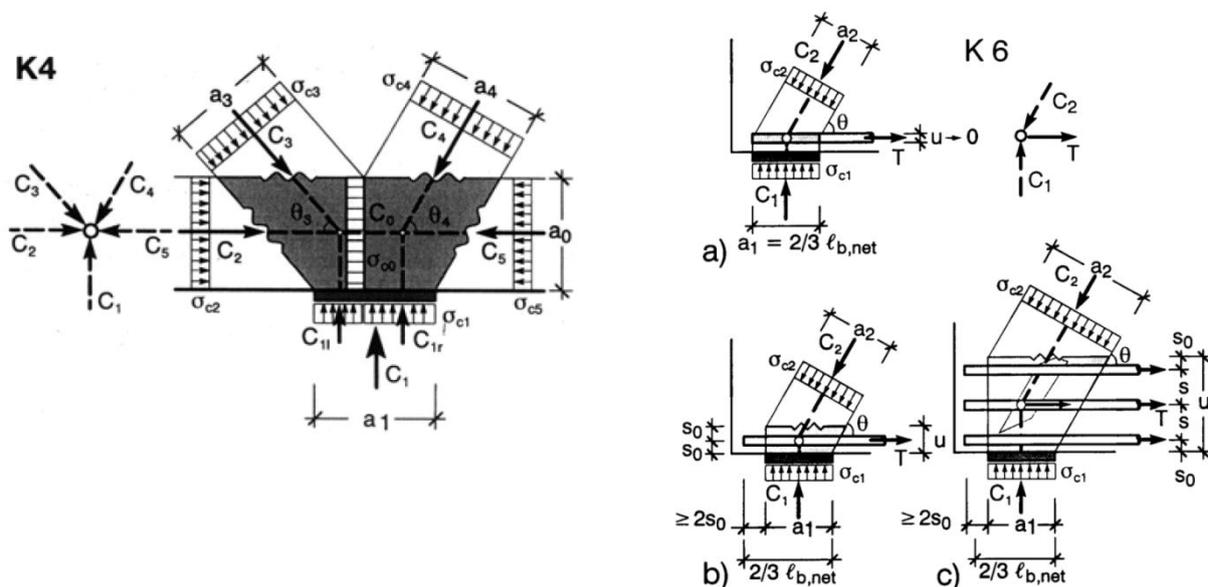
### aufлагernahe Sonderlasten bzw. Aussparungen

Sonderlasten, die mit ihrem Schwerpunkt innerhalb  $u_1$  zum Auflager hin stehen, werden direkt über eine Druckdiagonale in das Auflager geleitet. Sie werden beim Durchstanznachweis im Abstand  $2d$  selbst nicht berücksichtigt. Ebenso haben auflagernahe kleine Aussparungen evtl. gemäß Skizze keinen Einfluss auf den kritischen Rundschnitt bei  $2d$ . Sie begrenzen aber das  $u_0$  am Stützenrand.

Deshalb wird zusätzlich zum  $V_{Rdmax}$ -Nachweis im kritischen Rundschnitt ein Druckstrebenachweis am Auflagerstand erforderlich.

In diesen Fällen wird zusätzlich die gesamte Querkraftverteilung an einem fiktiven Rundschnitt mit einem Abstand von  $1.0\text{ cm}$  vom Auflagerstand gemäß der oben beschriebenen Verteilung ermittelt. Hierfür wird ein Druckstrebenachweis nach Schlaich/Schäfer : Konstruieren im Stahlbetonbau BK 2001 II S. 311 ff durchgeführt.

Bei einer Innenstütze wird sich der Knotentyp K4 als reiner Druckknoten und bei Rand- bzw. Eckstützen der Knotentyp K6 als Druck- Zugknoten ausbilden. Für den Nachweis wird vom Programm auch in Anlehnung an EC2 ( $V_{Rdmax}$  am Anschnitt) als zul. Druckspannung immer der niedrigere Wert  $0.75 f_{cd}$  nach EN 1992-1-1 6.5.2 angesetzt.



Da die Stützen i.d.R. nicht gleichmäßig belastet bzw. insbesondere bei Rand- und Eckstützen außen gerissen sind, wird die Lasteinleitungsbreite  $a_1$  auf maximal  $d$  begrenzt. Da die erste Zugstrebe (Bügelbewehrung) bei  $0.5 d$  vom Lagerrand entfernt liegt, entsteht so eine minimale Druckstrebenneigung von ca.  $42^\circ$ . Der innere Hebelarm wird mit  $z = 0.9 d$  angesetzt.

Da auch Streckenlasten teilweise oder ganz in diesem Bereich stehen können, werden diese intern in eine Gruppe gleicher Einzellasten mit einem Seitenverhältnis der Aufstandsfläche  $< 1.5$  aufgeteilt und einzeln wie oben beschrieben behandelt. Die auflagernahen Anteile können dadurch näherungsweise entsprechend berücksichtigt werden. Aus diesem Grunde wird die Eingabe von Einzellasten mit einem Seitenverhältnis der Aufstandsfläche  $> 1.5$  unterbunden. Diese sind als Streckenlasten einzugeben und werden dann intern entsprechend aufgeteilt.



### Druckstrebenachweise auflagenaher 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 25/ 30

Betonstahl B500B(S)

$f_{cd} = 14.2 \text{ N/mm}^2$

	LEW	MAKO	$v_{Ed}$	$z$	$a_1$	$\theta$	$a_0/a_2$	$f_{c,Ed}$	$\sigma_{cd}$	Ausn.
	gqEK		kN/m	cm	cm	°	cm	kN/m	N/mm <sup>2</sup>	kN/m
1	unt/li	10 1000	204.8	19.8	22.0	42.0	14.7	306.1	2.1	0.20
2	ob/li	10 1000	124.4	19.8	22.0	42.0	14.7	186.0	1.3	0.12
3	ob/re	10 1000	158.2	19.8	22.0	42.0	14.7	236.4	1.6	0.15
4	unt/re	10 1000	191.8	19.8	22.0	42.0	14.7	286.8	1.9	0.18

Das Beispiel zeigt den Fall der Sonderlast gemäß Skizze Seite 3 im Abstand von  $x = 0.20 \text{ m}$  und  $y = 0.40 \text{ m}$  zur Stütze.

### Bemessung und Konstruktion

Der Nachweis nach Norm gilt nur für gleichmäßig verteilte Flächenlasten. Darüber hinaus wird im Gegensatz zu DIN 1045-1 nach EN 1992-1-1 lediglich der Rundschnitt 2d bemessen und diese Bewehrung in jedem Schnitt eingelegt. Im NA werden die beiden ersten Bewehrungsreihen zusätzlich mit einem Faktor erhöht.

Da bei Sonderlasten die Beanspruchung in den Rundschnitten ständig wechselt und damit nicht äquivalent zum kritischen Rundschnitt verläuft, scheidet eine Bemessung nach EN 1992-1-1 aus. Hierfür wurde ein eigenes Bemessungsverfahren entwickelt, das den Nachweis in jedem Rundschnitt anhand dessen Beanspruchung zulässt. Es ist in einer separaten Beschreibung erläutert und validiert.

In Diskussionen mit Fachleuten aus der Wissenschaft und Praxis hat sich die Meinung herauskristallisiert, grundsätzlich jeden Quadranten einheitlich zu bemessen und nicht sektorenweise zu variieren.

Das Programm ermittelt deshalb die größte Rundschnittbeanspruchung im Quadranten und setzt diese für die Bemessung an.

Naturgemäß kann diese Berechnung zu dem Ergebnis führen, dass nicht alle Quadranten bewehrt werden müssen. Die Meinung, wie dann zu verfahren ist, geht unter Fachleuten auseinander. Von einigen wird empfohlen, in Quadranten, die rechnerisch nicht bewehrt werden müssen, dann eine Mindestbewehrung einzulegen, wenn in mindestens einem Quadranten Bewehrung erforderlich ist.

Die Konstruktion wird deshalb dem Anwender überlassen und in der Kopfbolzenskizze lediglich die rechnerisch erforderliche Bewehrung angegeben.

Eine Teilbewehrung nur einzelner Quadranten mit Sonderbauteilen wie Kopfbolzen ist nicht gesichert, da es hierzu keine Untersuchungen gibt. Kopfbolzenberechnungen nach Zulassung setzen immer eine rotationssymmetrische Anordnung der Bewehrung voraus.

Diese ist i.d.R. sehr unwirtschaftlich, da nach Zulassung bei der Bemessung kein Betontraganteil angesetzt werden darf, sondern die gesamte Querkraft über die Kopfbolzen aufgehängt wird.

Insbesondere bei dickeren Bauteilen wie z.B. Bodenplatten führt dies zu unwirtschaftlichen Konstruktionen mit bis zu 60% zu großen Bewehrungsanteilen.

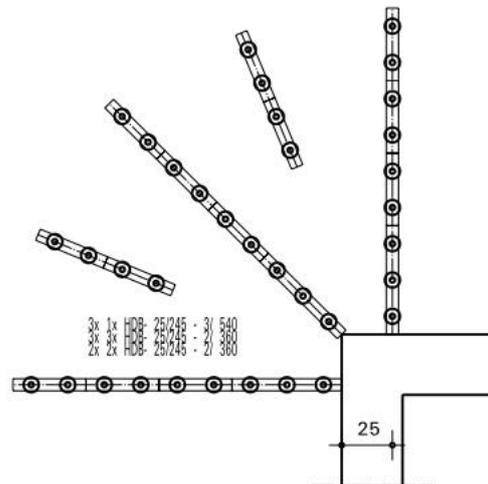
Da Kopfbolzen grundsätzlich konstruktiv höher zu bewerten sind als normale Bügel und auch eine Zulassung als normale Schubbewehrung haben, spricht auch nach Rückfrage z.B. bei der TH Aachen nichts dagegen, die Bemessung für normale Schubbügel durchzuführen und dann unter Einhaltung der Konstruktionsregeln Kopfbolzen statt Bügel einzubauen.

Es wird deshalb vom Programm der Faktor zur Ermittlung von  $VR_{dmax}$  freigegeben und kann somit auch nach Zulassung mit 1.96 statt 1.40 eingegeben werden. Sollte der höhere Wert ausgenutzt werden, so wird empfohlen, auch bei Quadranten ohne rechnerisch erforderliche Bewehrung die kleinste errechnete Quadrantenbewehrung einzulegen.

Bei Anwahl von Kopfbolzen als Bewehrung erstellt das Programm eine Verlegeskizze.

**Kopfbolzenanordnung Wandecke**

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



Das Beispiel zeigt die rechnerisch erforderliche Kopfbolzenanordnung einer Wandecke. Es werden dabei die Konstruktionsregeln der Zulassung berücksichtigt. Da im Beispiel für die äußeren Bolzenreihen der seith. Abstand nach Zulassung überschritten ist, werden die kleinen "Fülleleisten" ergänzt. Diese Anordnung ist gegenüber 5 langen Bolzenleisten wirtschaftlicher und leichter einzubauen.

Neureichenau, den 02.03.2016  
Dipl.-Ing. Dieter Vogelsang

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