



VOGELSANG

Programm K.0002 Heißbemessung von Stahlbetonstützen

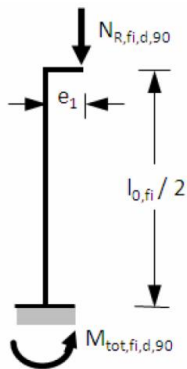
Validierung und Vergleich mit EN 1992-1-2/NA Anlage AA

1. Allgemeines

Im Anhang AA der EN 1992-1-2/NA wird ein Diagrammverfahren zur Ermittlung der Traglasten unter einer Brandbeanspruchung nach ETK über 90 Minuten vorgestellt.

Es wurde an der TU BS im Rahmen eines Forschungsauftrages von Hosser/Richter mit dem Level 3 Programm StabaF entwickelt.

Die Diagramme behandeln 4 Standardstützen mit folgenden Parametern:



Querschnitte :	$h = 30 / 45 / 60 / 80 \text{ cm}$
Achsabstand :	$a/h = 0.10$
Beton :	C 30 / 37
Bewehrung :	BSt 500
Bewehrungsgrad :	$\rho = 2 \%$

Für abweichende Parameter werden Interpolationsfaktoren genannt, mit denen die Traglasten über diese Standardstützen umgerechnet werden können.

Die Ergebnisse der Standardstützen können aufgrund ihrer Entstehung als genaue Level 3 Ergebnisse eingestuft werden und sind deshalb vorzüglich geeignet, unser Programm K.0002 mit ihnen zu validieren.

Für die Praxis ist das Verfahren nur sehr eingeschränkt nutzbar, da bei den 30 bzw. 45 cm Stützen ein $a/h = 0.10$ nicht konstruierbar (c_{nom}) und bei den dicken Stützen zu groß ist.

Schon in unserem VP2 - System - Statik hatten wir in den Jahren 2006/2007 das Programm K.0003 "Heißbemessung von Stahlbetonstützen" entwickelt. Im VP2 - System - Statik wurde zwar noch nach den damals gültigen DIN - Normen gerechnet, der Heißbemessungskern im Programm K.0003 war jedoch schon nach EN 1992-1-2 entstanden. Basis hierfür war die Zonenmethode nach Anhang B.2.

Bei den Tests und Validierungen haben wir jedoch festgestellt, dass diese Methode zwar bei nicht zu schlanken Pendelstützen sehr gute Ergebnisse erzielt, jedoch bei Kragstützen nicht das Niveau anerkannter Level-3 Programme wie StabaF, BoFire oder SAFIR erreicht. Die Ursache hierfür liegt hauptsächlich im temperaturbedingten Abfall der Materialkennwerte und dem daraus resultierenden anderen Verformungsverhalten verschieblicher Kragstützen, für die eine Berechnung II. Ordnung erforderlich ist.

Der Entwickler der Zonenmethode, Prof. Hertz Kopenhagen, hat das Verfahren mit den bekannten wissenschaftlichen Brandversuchen an beidseitig gehaltenen Stützen überprüft, an denen auch die o.g. anderen Programme validiert wurden.

Wir haben daraufhin das Verfahren für Kragstützen weiterentwickelt und dabei insbesondere bei der Bestimmung der wirksamen Steifigkeiten den überproportionalen Einfluss der verminderten Materialeigenschaften berücksichtigt. Eine Validierung mit Beispielen StabaF, Kontrollrechnungen durch Dr. Upmeyer mit BoFire sowie Berechnungen mit SAFIR haben eine sehr gute Übereinstimmung ergeben. Die erste Version wurde im September 2007 dem Markt vorgestellt.

Mit Einführung unseres neuen VP3 - System - EC haben wir die Theorie weiterentwickelt und mit dem Programm K.0002 in das Programmsystem integriert.

Das Programm ist heute in der Lage, für bis zu 16 Lastsituationen mit beliebig vielen Einwirkungen unterschiedlicher Kategorien in jeder Situation sämtliche Kombinationen nach EN 1990 bzw. EN 1992-1-2 sowohl in der Kalt- als auch in der Heißbemessung durchzuarbeiten und dabei iterativ ein beliebiges Bewehrungsbild automatisch zu konstruieren, das sämtlichen Kombinationen sowohl unter einachsigen als auch zweiachsigen Beanspruchungen genügt. Imperfektionen und Kriechaußermitten werden hierbei automatisch nach Norm jeweils in der schwächeren Querschnittsrichtung angesetzt. Sämtliche Brandangriffe – 4-seitig / 3-seitig / 2-seitig gegenüber oder über Eck / 1-seitig – können berücksichtigt werden.



Im Folgenden werden 12 willkürlich gewählte Beispielstützen verschiedener Schlankheiten und Außermitten, die direkt mit den Standard Diagrammen nach Hosser/Richter eingestuft werden können, verglichen. Nur die Stützen 45/45 cm sowie 60/60 cm sind für die Praxis interessant, da bei 30/30 cm Stützen ein $a/h = 0.10$ nicht konstruierbar ist und bei 80/80 cm Stützen ein Randabstand $a = 8$ cm von der Stahltemperatur her kaum Änderungen in den Materialwerten ergibt und auch in der Praxis nicht konstruiert wird.

Sie werden trotzdem mit aufgenommen, um die Qualität des Programmes auch in diesen extremen Bereichen zu untersuchen.

Bei den Stützen 1 bis 9 wird für die Konstruktion als max. Durchmesser 28 mm und bei den Stützen 10 bis 12 32 mm bestimmt. Damit wird eine möglichst hoher Konzentration der Bewehrung auf die Ecken erreicht.

Darüber hinaus werden die Beispiele 1 und 2 des Forschungsberichtes zum Diagrammverfahren sowie eine hohe 3-seitig beflamnte Stütze untersucht und verglichen. Alle Stützen werden als 100% eingespannte Stahlbetonstützen betrachtet.

Alle Beispiele bestätigen in tolerierbaren Grenzen die Ergebnisübereinstimmung, wobei unser Programm K.0002 beim Berichtbeispiel 2 (Eichbeispiel nach EN 1992-1-2/NA Anlage CC) nachweist, dass es bei Berücksichtigung aller Nachweise entgegen dem Schlussbericht nicht in die Widerstandsklasse R90 einstuft. Dies liegt darin begründet, dass das Programm StabaF nur einachsige Biegung behandelt und damit bei 4-seitig beflamnten Stützen nicht gleichzeitig Stabilitätsnachweise in 2 Richtungen durchführen kann. Bei biegeorientiert bewehrten Stützen ist dies wegen des geringeren inneren Hebelarms jedoch in Querrichtung unabdingbar.

2. Beispiele

Diagrammbeispiele Nr. 1 bis Nr. 12

Da das Programm K.0002 die Imperfektion nach EC2 automatisch berücksichtigt, werden die Außermitten e_0 der Einwirkungen angesetzt. Eine Kriechaußermite wird aus Vergleichsgründen nicht berücksichtigt.

Es wird lediglich eine ständige Einwirkung $N_{g,k}$ mit dem entsprechenden e_0 berücksichtigt, die damit gleichzeitig die Normalkraft im Brandfall ergibt.

Aus Platzgründen werden die Beispielparameter tabellarisch dargestellt und aus dem Programmausdruck das generierte Bewehrungsbild gezeigt. Vollständige Beispielausdrucke können auf Wunsch zur Verfügung gestellt werden. Die angegebene Belastung ist die jeweils mit dem Diagrammverfahren ermittelte Traglast der Stütze, d.h. eine Vergleichsrechnung mit dem Programm K.0002 sollte eine erforderliche Bewehrung von 2% ermitteln.

Es wird zunächst vom Programm ein Bewehrungsbild zur Aufnahme der Diagrammtraglast ermittelt. Die Last wird dann solange gesteigert wie das Programm diese mit dem gleichen Bewehrungsbild aufnehmen kann.

Diese Traglast wird in der Ergebnistabelle mit $N_{R,d,f}$ angegeben.

Für derartige Vergleiche mit Eichbeispielen wird in Hosser "Leitfaden Ingenieurmethoden Brandschutzes" 2009 in Kapitel 6.6.5 eine Toleranz von 15% vorgeschlagen.

Bei den Berichtsbeispielen werden verschiedene Varianten diskutiert und aufgezeigt.

**Betonfestigkeitsklasse C 30/37****Brandbeanspruchung 4-seitig****Parameter der Beispielstützen Diagrammverfahren**

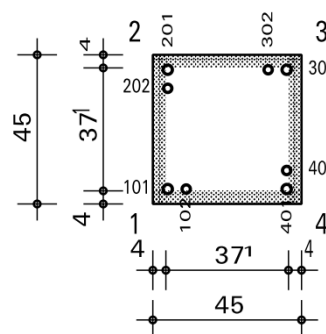
Nr.	h/b cm/cm	l_{col} m	e_1 m	e_i m	e_0 m	a cm	$N_{g,k}$ kN
1	45/45	9.00	0.540	0.030	0.510	4.5	148.0
2	45/45	3.40	0.315	0.017	0.298	4.5	585.0
3	45/45	5.60	0.090	0.024	0.066	4.5	568.0
4	60/60	6.00	0.780	0.025	0.755	6.0	801.7
5	60/60	3.00	0.420	0.015	0.405	6.0	2005.0
6	60/60	12.00	0.120	0.035	0.085	6.0	844.0
7	30/30	3.00	0.420	0.017	0.403	3.0	38.0
8	30/30	5.25	0.150	0.023	0.127	3.0	33.7
9	30/30	2.25	0.030	0.011	0.019	3.0	258.4
10	80/80	20.00	1.040	0.045	0.995	8.0	729.0
11	80/80	6.00	0.560	0.025	0.535	8.0	3470.0
12	80/80	12.00	0.160	0.035	0.125	8.0	3264.0

K.0002 Ergebnis Stütze 1 + 2**reduzierter Betonquerschnitt**

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.86 & az &= 39.6 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 37.1 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 37.1 \text{ cm} \\
 f_{C,M}(\theta) &= 23.5 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m}(\theta) &= 15583 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

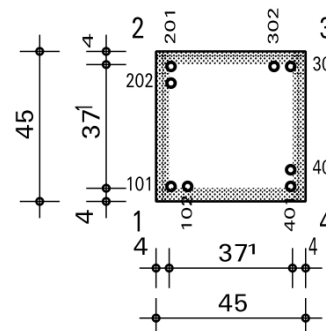
Nr	x cm	y cm	d_s mm	θ °C
101	4.5	4.5	28	566
102	10.1	4.5	25	427
201	4.5	40.5	28	566
202	4.5	34.9	25	427

**K.0002 Ergebnis Stütze 3****reduzierter Betonquerschnitt**

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.86 & az &= 39.6 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 37.1 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 37.1 \text{ cm} \\
 f_{C,M}(\theta) &= 23.5 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m}(\theta) &= 15583 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d_s mm	θ °C
101	4.5	4.5	25	566
102	9.5	4.5	25	436
201	4.5	40.5	25	566
202	4.5	35.5	25	436





VOGELSANG

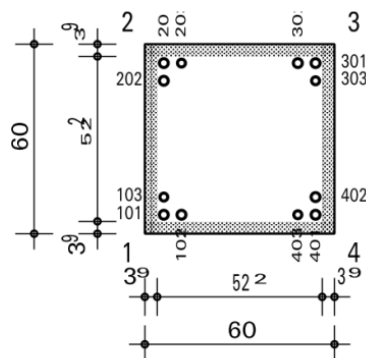
K.0002 Ergebnis Stütze 4

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.90 & az &= 38.8 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 52.2 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 52.2 \text{ cm} \\
 f_{c,M}(\theta) &= 21.6 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m}(\theta) &= 14997 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	6.0	6.0	28	421
102	11.6	6.0	28	308
103	6.0	11.6	25	308
201	6.0	54.0	28	421
202	6.0	48.4	28	308
203	11.6	54.0	25	308



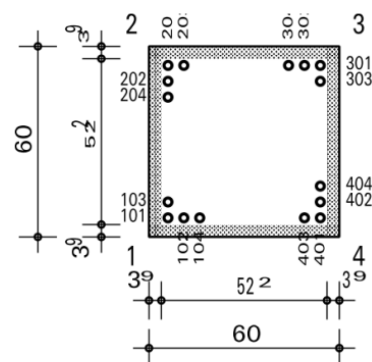
K.0002 Ergebnis Stütze 5

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.90 & az &= 38.8 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 52.2 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 52.2 \text{ cm} \\
 f_{c,M}(\theta) &= 21.6 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m}(\theta) &= 14997 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	6.0	6.0	25	421
102	11.0	6.0	25	316
103	6.0	11.0	25	316
104	16.0	6.0	25	274
201	6.0	54.0	25	421
202	6.0	49.0	25	316
203	11.0	54.0	25	316
204	6.0	44.0	25	274



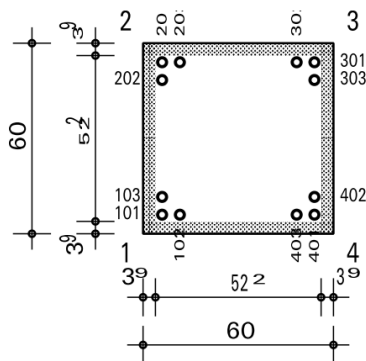
K.0002 Ergebnis Stütze 6

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.90 & az &= 38.8 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 52.2 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 52.2 \text{ cm} \\
 f_{c,M}(\theta) &= 21.6 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m}(\theta) &= 14997 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	6.0	6.0	28	421
102	11.6	6.0	28	308
103	6.0	11.6	28	308
201	6.0	54.0	28	421
202	6.0	48.4	28	308
203	11.6	54.0	28	308



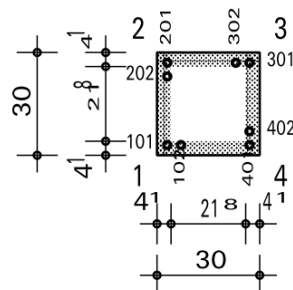
**K.0002 Ergebnis Stütze 7**

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.78 & az &= 41.1 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 21.8 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 21.8 \text{ cm} \\
 f_{c,M(\theta)} &= 22.8 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m(\theta)} &= 16707 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	3.0	3.0	20	734
102	7.0	3.0	20	614
201	3.0	27.0	20	734
202	3.0	23.0	20	614

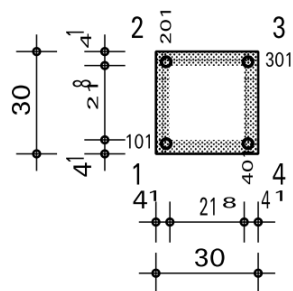
**K.0002 Ergebnis Stütze 8**

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.78 & az &= 41.1 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 21.8 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 21.8 \text{ cm} \\
 f_{c,M(\theta)} &= 22.8 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m(\theta)} &= 16707 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	3.0	3.0	28	734
201	3.0	27.0	28	734

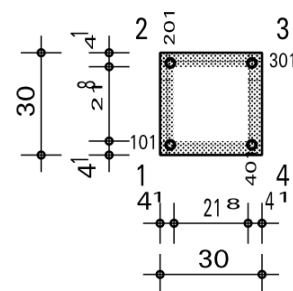
**K.0002 Ergebnis Stütze 9**

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.78 & az &= 41.1 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 21.8 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 21.8 \text{ cm} \\
 f_{c,M(\theta)} &= 22.8 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m(\theta)} &= 16707 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	3.0	3.0	25	734
201	3.0	27.0	25	734





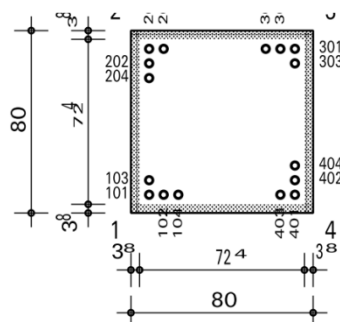
K.0002 Ergebnis Stütze 10

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.93 & az &= 38.1 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 72.4 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 72.4 \text{ cm} \\
 f_{c,M(\theta)} &= 22.2 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m(\theta)} &= 15912 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	8.0	8.0	32	263
102	14.4	8.0	32	197
103	8.0	14.4	32	197
104	20.8	8.0	32	176
201	8.0	72.0	32	263
202	8.0	65.6	32	197
203	14.4	72.0	32	197
204	8.0	59.2	32	176



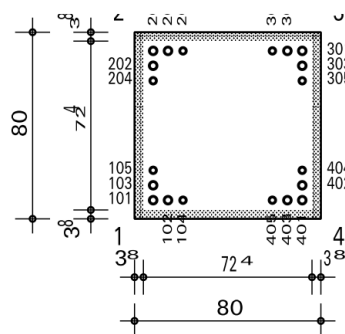
K.0002 Ergebnis Stütze 11

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.93 & az &= 38.1 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 72.4 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 72.4 \text{ cm} \\
 f_{c,M(\theta)} &= 22.2 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m(\theta)} &= 15912 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	8.0	8.0	32	263
102	14.4	8.0	32	197
103	8.0	14.4	32	197
104	20.8	8.0	28	176
105	8.0	20.8	28	176
201	8.0	72.0	32	263
202	8.0	65.6	32	197
203	14.4	72.0	32	197
204	8.0	59.2	28	176
205	20.8	72.0	28	176



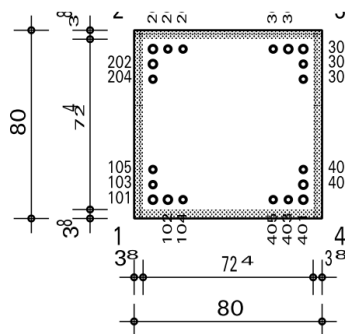
K.0003 Ergebnis Nr 12

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.93 & az &= 38.1 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 72.4 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 72.4 \text{ cm} \\
 f_{c,M(\theta)} &= 22.2 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m(\theta)} &= 15912 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	8.0	8.0	32	263
102	14.4	8.0	32	197
103	8.0	14.4	28	197
104	20.8	8.0	28	176
105	8.0	20.8	28	176
201	8.0	72.0	32	263
202	8.0	65.6	32	197
203	14.4	72.0	28	197
204	8.0	59.2	28	176
205	20.8	72.0	28	176

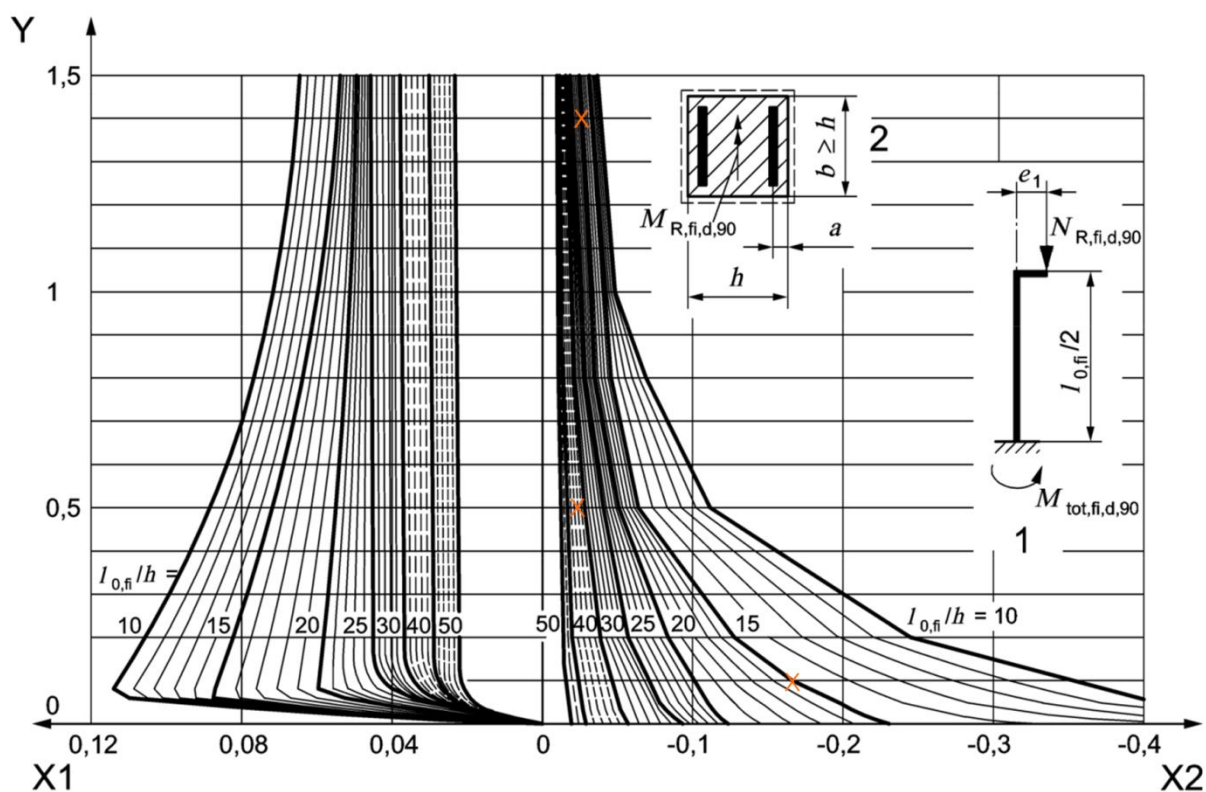




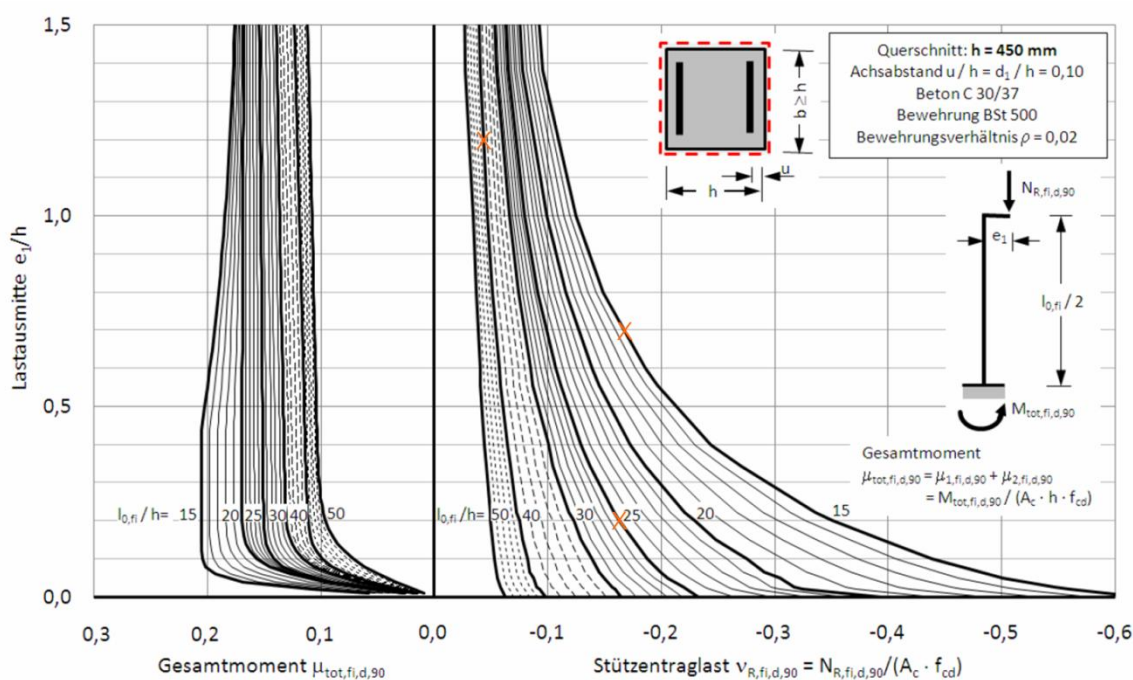
Auswertung

Die Diagramme werden grundsätzlich aus dem Forschungsbericht übernommen, da sie eine bessere Ablesbarkeit aufweisen. Lediglich das Diagramm für die Stütze 30/30 cm wird aus der Norm verwendet, da dieses im Bericht noch unvollständig war.

Stützen 7 bis 9



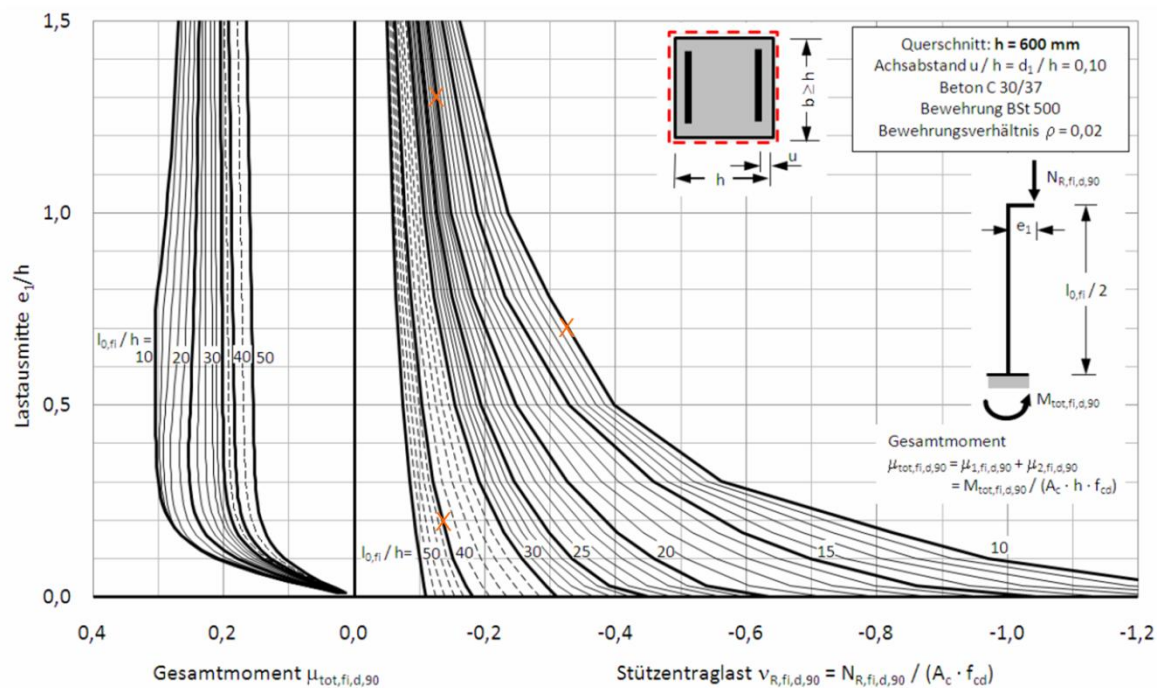
Stützen 1 bis 3



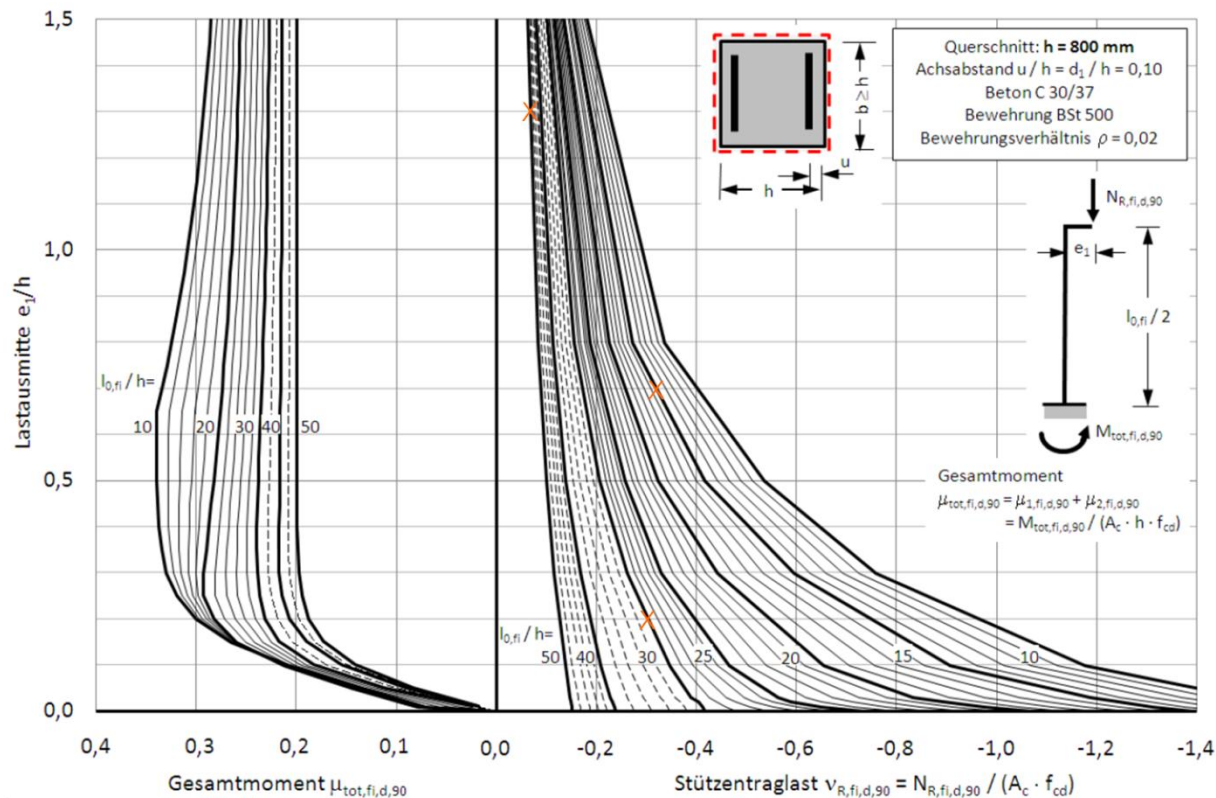


VOGELSANG

Stützen 4 bis 6



Stützen 10 bis 12





Nr.	K.0002						Diagramm $\rho = 2\%$			
	Bewehrung	A_s cm ²	ρ %	$N_{Rd,fi}$ kN	t_u min	t_u min	e_1/h	l_0/h	$v_{R,fi,d,90}$	$N_{R,fi,d,90}$ kN
1	4 Ø 28 + 4 Ø 25	44.2	2.18	-157.0	95	97	1.20	40	-0.043	-148.0
2	4 Ø 28 + 4 Ø 25	44.2	2.18	-590.0	97	99	0.70	15	-0.170	-585.2
3	8 Ø 25	39.3	1.94	-625.0	91	93	0.20	25	-0.165	-568.0
4	8 Ø 28 + 4 Ø 25	68.9	1.91	-830.0	101	93	1.30	20	-0.131	-801.7
5	16 Ø 25	78.6	2.18	-2020.0	101	105	0.70	10	-0.328	-2007.4
6	12 Ø 28	73.9	2.05	-850.0	86	96	0.20	40	-0.138	-844.1
7	8 Ø 20	25.1	2.79	46.0			1.40	20	-0.025	-38.3
8	4 Ø 28	24.6	2.73	38.0			0.50	35	-0.022	-33.7
9	4 Ø 25	19.6	2.17	290.0			0.10	15	-0.169	-258.4
10	12 Ø 32 + 4 Ø 28	121.1	1.89	750.0			1.30	50	-0.067	-729.0
11	12 Ø 32 + 8 Ø 28	145.8	2.28	3470.0			0.70	15	-0.319	-3470.7
12	8 Ø 32 + 12 Ø 28	138.2	2.16	3325.0			0.20	30	-0.300	-3264.0

Die Ergebnisse liegen bei den Stützen 1 bis 6 alle in einem Korridor von $1.91\% \leq \rho \leq 2.18\%$ und damit in einem Toleranzbereich $<10\%$. Die Traglasten der Bewehrungsbilder werden dabei zwischen 0.7 und 10% höher ermittelt. Bei den gedruckten Stützen 60/60 cm ist die Kaltbemessung maßgebend.

Bei den Stützen 7 bis 9 beträgt die Spanne $2.17\% \leq \rho \leq 2.79\%$. Diese Stützen sind mit 3 cm Randabstand der Bewehrung unter Einhaltung einer normgerechten Betondeckung nicht konstruierbar und weisen sehr hohe Temperaturen ($>700^\circ\text{C}$) in der Bewehrung aus. Hinzu kommt bei Stütze 7 die Anzahl der Eisen/Ecke. Die Reduzierung des inneren Hebelarms macht sich bei den geringen Stützenabmessungen stark bemerkbar und wird durch die geringeren Temperaturen der Seiteneisen nicht ausgeglichen.

Im Prüfbericht zum Diagrammverfahren ermittelt Dr. Upmeyer mit dem Level 3 Programm BoFire für die Stützen 30/30 cm etwas kleinere Traglasten. Die Ergebnisse sind grundsätzlich konservativ und unter Würdigung des Vorgesagten als gut einzustufen. Es können damit folglich Bestandsbauten mit geringen Betonüberdeckungen nachgerechnet werden.

Die Stützen 10 bis 12 sind ebenfalls aufgrund des Randabstandes von 8 cm in der Praxis nicht üblich. Die Spanne liegt bei $1.89\% \leq \rho \leq 2.28\%$ und damit im Toleranzbereich $<15\%$. Bei der Stütze 11 ist die Kaltbemessung maßgebend.

Das Programm K.0002 lässt grundsätzlich eine Unterschreitung des $A_{s,erf}$ von bis zu 3% durch das Bewehrungsbild zu. Bei den Längsstabdurchmessern wird nur eine Differenz von max. 2 Nenndurchmessern zugelassen. Da die Flächendifferenz zwischen 4 Ø 28 und 4 Ø 25 z.B. bei den Stützen 30/30 cm schon beim Bewehrungsgrad 0.56% beträgt, ist auch eine genauere Konstruktion nicht zu erwarten.

Da darüber hinaus alleine die Ableseungenauigkeit der Diagramme ca. 10% ausmacht, wird mit den Ergebnissen insbesondere bei den für die Praxis relevanten Stützen 1 bis 6 eine nahezu exakte Übereinstimmung von K.0002 mit den Standarddiagrammen bestätigt.

In einer von uns mit begleiteten Diplomarbeit hat der Autor die Stützen 1 bis 6 als Vergleichsgrundlage mit anderen Programmen verwendet und die mit K.0002 generierten Bewehrungsbilder mit dem Level-3 Programm SAFIR der Universität Lüttich nachgerechnet.

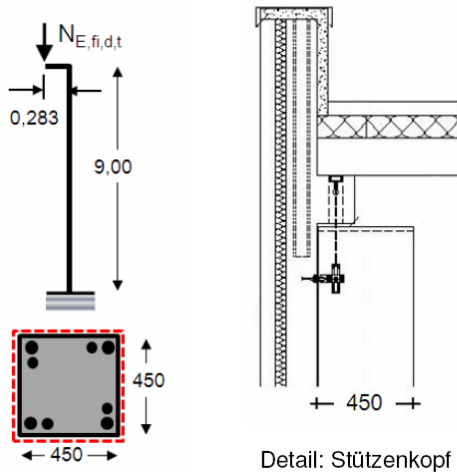
Außerdem wurden die ermittelten Bewehrungsbilder der Beispiele von Dr. Upmeyer mit dem Programm BoFire gegengerechnet. Die ermittelten Versagenszeiten sind in der Tabelle angegeben.



Berichtbeispiel 6.1

6.1 Standardfall

Die Stahlbeton-Kragstütze einer Lagerhalle soll für die Feuerwiderstandsklasse F 90 (R 90) nachgewiesen werden. Die Stütze wird durch die Dachkonstruktion und durch die umlaufende Attika ausmittig am Kopf belastet (Bild 37). Die Stütze erfährt eine 4-seitige Brandbeanspruchung.



Baustoffe:

Betonfestigkeitsklasse: C 30/37 mit $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$

Betonstahl: BST 500 S (A) mit $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$

Einwirkungen bei Normaltemperatur:

$N_{Ed} = -1,35 \cdot 162 - 1,5 \cdot 62 = -312 \text{ kN}$

Moment am Stützenfuß: $M_{Ed} = -366 \text{ kNm}$

Bemessung

$(1 \text{ } \varnothing 28 + 1 \text{ } \varnothing 25) \text{ je Querschnittsecke } (A_s = 4427 \text{ mm}^2)$

Achsabstand $u = 45 \text{ mm}$

Einwirkungen im Brandfall ($\psi_{1,1} = 0,9$)

$E_{d,fi} = \gamma_{GA} \cdot G_k \oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$

$N_{E,fi,d,t} = -1,0 \cdot 162 - 0,9 \cdot 62 = -218 \text{ kN}$

Bild 37: Systemskizze, Querschnittsabmessungen, Baustoffe und Belastung

Fig. 37: Structural system, dimensions of the cross-section, building materials and load

Eingangsparameter für das Standard-Diagramm $h = 450 \text{ mm}$ (Bild 38):

bezogene Lastausmitte $e_1/h = 0,283/0,45 = 0,63 < 1,5$ und Schlankheit $l_{0,fi}/h = (2 \cdot 9,0)/0,45 = 40$

bezogener Achsabstand $u/h = 45/450 = 0,10$ und Bewehrungsverhältnis $\rho = 4427/450^2 = 0,0218 \approx 0,02$

Nachweis: $|v_{R,fi,d,90}| = 0,056 < |v_{E,fi,d,90}| = 218 \cdot 10^3 / (450^2 \cdot 17) = 0,063$

Die Stahlbeton-Kragstütze erfüllt **nicht** die Anforderungen für F 90.

Maßnahme: Bewehrung auf der Zug- und Druckseite annähernd gleichmäßig verteilen:

Faktor $k_{Bew} = 1,2$ (Bild 30)

$|v_{R,fi,d,90}| = 0,056 \cdot 1,2 = 0,067 > |v_{E,fi,d,90}| = 0,063$

Die Stütze erfüllt die Anforderungen für F 90.

Maßnahme: Bewehrungsverhältnis ρ nach Gl. (20) vergrößern:

mit $\rho = 3\%$ und $e_1/h = 0,283/0,45 = 0,63$

$k_p = \min(1 + (3 - 2) \cdot 0,629; 3/2) = \min(1,629; 1,5) = 1,5$

$|v_{R,fi,d,90}| = 0,056 \cdot 1,5 = 0,084 > |v_{E,fi,d,90}| = 0,063$

Die Stütze erfüllt die Anforderungen für F 90.

oder Bewehrungsverhältnis ρ nach Gl. (23) vergrößern:

mit $k_p = -0,063/(-0,056) = 1,125$ und $e_1/h = 0,283/0,45 = 0,63$ wird aus Bild 36: $\rho = 2,25 \%$

Die Stütze mit dem Bewehrungsverhältnis $\rho = 2,25 \%$ erfüllt die Anforderungen für F 90.



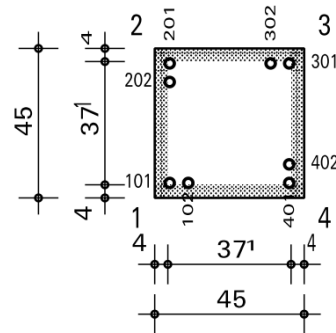
VOGELSANG

K.0002 Ergebnis (max. Längsdurchmesser Ø 28 alternativ Ø 25)**reduzierter Betonquerschnitt**

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.86 & az &= 39.6 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 37.1 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 37.1 \text{ cm} \\
 f_{c,M(\theta)} &= 23.5 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m(\theta)} &= 15583 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

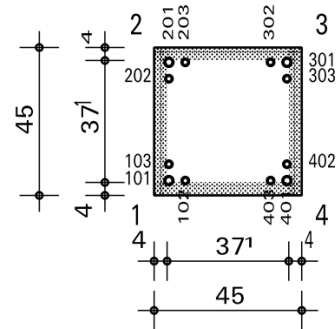
Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	4.5	4.5	28	566
102	10.1	4.5	28	427
201	4.5	40.5	28	566
202	4.5	34.9	28	427

**reduzierter Betonquerschnitt**

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.86 & az &= 39.6 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 37.1 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 37.1 \text{ cm} \\
 f_{c,M(\theta)} &= 23.5 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m(\theta)} &= 15583 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	4.5	4.5	25	566
102	9.5	4.5	20	436
103	4.5	9.5	20	436
201	4.5	40.5	25	566
202	4.5	35.5	20	436
203	9.5	40.5	20	436



Auch K.0002 kommt zu dem Ergebnis, dass die ursprünglich vorgesehene Bewehrung mit 4 Ø 28 + 4 Ø 25 nicht ausreicht. Es sind 8 Ø 28 mit $\rho = 2.43\%$ oder alternativ 4 Ø 25 + 8 Ø 20 mit $\rho = 2.21\%$ einzulegen.

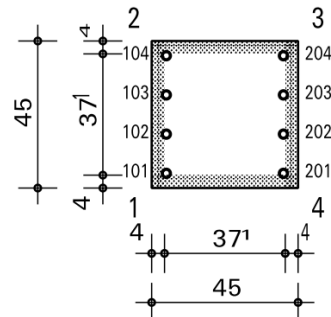
Maßnahme Bewehrung auf biegebeanspruchte Seiten gleichmäßig verteilen:

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned}
 k_{cm} &= 0.86 & az &= 39.6 \text{ mm} \\
 h_{x,fi} &= 37.1 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 37.1 \text{ cm} \\
 f_{c,M(\theta)} &= 23.5 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd,m(\theta)} &= 15583 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	4.5	4.5	25	566
102	4.5	16.5	25	378
103	4.5	28.5	25	378
104	4.5	40.5	25	566



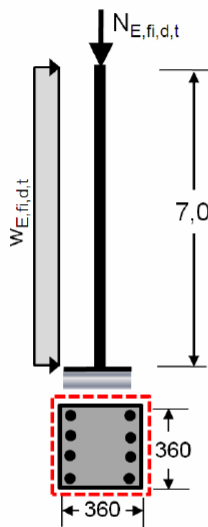
K.0002 ermittelt 8 Ø 25 mit $\rho = 1.94\%$ und ist auch hier mit dem Diagrammverfahren identisch.



Berichtbeispiel 6.2

6.2 Giebelstütze mit Windbelastung

Die Stahlbeton-Kragstütze steht im Giebelbereich einer Lagerhalle, sie soll für die Feuerwiderstandsklasse F 90 (R 90) nachgewiesen werden. Die Stütze wird durch eine Längsdruckkraft infolge Eigengewicht und einer Streckenlast aus Wind belastet (Bild 39). Die Stütze erfährt eine 4-seitige Brandbeanspruchung.



Betonfestigkeitsklasse: C 20/25 mit $f_{cd} = 11,33 \text{ N/mm}^2$

BSt 500 S (A) mit $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$

Einwirkungen bei Normaltemperatur:

Eigenlast: $N_{Ed} = -117 \text{ kN}$

Wind: $w_{Ed} = 5,21 \text{ kN/m}$

Achsabstand der Längsbewehrung $d_i/h = u/h = 55/360 = 0,153$

Bewehrungsverhältnis $\rho = 1885 / 360^2 \cdot 100 = 1,45 \%$

($\leq 50 \%$ der Gesamtbewehrung in den Ecken)

Einwirkungen im Brandfall:

$N_{E,fi,d,t} = -77,5 \text{ kN}$ $v_{E,fi,d,t} = (-77,5 \cdot 10^3) / (360^2 \cdot 17) = -0,0352$

$w_{E,fi,d,t} = 1,74 \text{ kN/m}$

Moment nach Theorie 1. Ordnung am Stützenfuß im Brand

$M_{E,fi,d,1} = 1,74 \cdot 7,0^2 / 2 = 42,63 \text{ kNm}$ ($\mu_{E,fi,d,1} = 0,0537$)

Bild 39: Systemskizze, Querschnittsabmessungen, Baustoffe und Belastung

Fig. 39: Structural system, dimensions of the cross-section, building materials and load

Nachweis a): Berücksichtigung der Windbelastung durch Vergrößerung der Lastausmitte e_1 .

Interpolation zwischen Standard-Diagramm $h = 300 \text{ mm}$ und $h = 450 \text{ mm}$ für

$e_1/h = (42,63/77,5) / 0,36 = 0,55 / 0,36 = 1,53 = \text{const}$ und

$l_{0,fi} / h = (2 \cdot 7,0) / 0,36 = 38,9 = \text{const}$

Tabelle 3: Interpolation der Stützentraglast $X_{R,90}$ und des Gesamtmomentes $X_{\text{tot},90}$ für den Querschnitt mit $h = 360 \text{ mm}$ und der Lastausmitte $e_1/h = 1,53$

Table 3: Interpolation of the column load bearing capacity $X_{R,90}$ and total moment $X_{\text{tot},90}$ for the cross-section with $h = 360 \text{ mm}$ and the eccentricity $e_1/h = 1,53$

$h [\text{mm}]$	$X_{R,90} (e_1/h = 1,53; l_{0,fi}/h = 38,9)$	$X_{\text{tot},90} (e_1/h = 1,53; l_{0,fi}/h = 38,9)$
300	-0,0104	0,0297
360	-0,0223	0,0678
450	-0,0401	0,1249

k-Faktoren für - 4-seitige Brandbeanspruchung: $k_{fi} = 1,0$

- verteilte Bewehrung: $k_{Bew} = 1,2$

- Achsabstand $u/h = 0,153$: $k_u = 1,731$

- Betonfestigkeitsklasse $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$: $k_c = 0,95$

- Bewehrungsverhältnis $\rho = 1,45 \%$: $k_p = 0,725$

$|v_{R,fi,d,90}| = 0,0223 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,69 \cdot 0,95 \cdot 0,725 = 0,0319 < |v_{E,fi,d,t}| = 0,0352$



Die Giebelstütze erfüllt **nicht** die Anforderungen für F 90.

Die programmierte Berechnung ergibt eine Branddauer von $t = 70$ min (Bild 40).

Nachweis b): Ermittlung der Lastausmitte e_1/h für die $\mu_{\text{tot,fi,d,90}} \geq \mu_{\text{E,fi,d,t}}$ und $v_{\text{R,fi,d,90}} \approx v_{\text{E,fi,d,t}}$ eingehalten werden. Das Gesamtmoment $\mu_{\text{tot,fi,d,90}}$ und die Stützentraglast $v_{\text{R,fi,d,90}}$ sind von der erst zu ermittelnden Lastausmitte e_1/h abhängig. Hieraus folgt, dass die Ermittlung der Lastausmitte e_1/h nur iterativ erfolgen kann.

Die Iteration ergibt eine Lastausmitte $e_1/h \approx 1,31$. In Tabelle 4 sind die Werte für die Stützentraglast und das Gesamtmoment zusammengestellt.

Tabelle 4: Interpolation der Stützentraglast $X_{\text{R,90}}$ und des Gesamtmomentes $X_{\text{tot,90}}$ für den Querschnitt mit $h = 360$ mm und der Lastausmitte $e_1/h = 1,31$

Table 4: Interpolation of the column load bearing capacity $X_{\text{R,90}}$ and total moment $X_{\text{tot,90}}$ for the cross-section with $h = 360$ mm and the eccentricity $e_1/h = 1,31$

h [mm]	$X_{\text{R,90}}$ ($e_1/h = 1,31$; $l_{0,\text{ff}}/h = 38,9$)	$X_{\text{tot,90}}$ ($e_1/h = 1,31$; $l_{0,\text{ff}}/h = 38,9$)
300	-0,0120	0,0292
360	-0,0246	0,0667
450	-0,0435	0,1230

k-Faktoren für - 4-seitige Brandbeanspruchung: $k_{\text{fi}} = 1,0$
 - verteilte Bewehrung: $k_{\text{Bew}} = 1,2$
 - Achsabstand $u/h = 0,153$: $k_u = 1,731$
 - Betonfestigkeitsklasse $f_{\text{ck}} = 20 \text{ N/mm}^2$: $k_c = 0,95$
 - Bewehrungsverhältnis $\rho = 1,45 \%$: $k_p = 0,725$

Die k-Faktoren im Nachweis a) und b) sind gleich groß, da die k-Faktoren k_u und k_c nur für $e_1/h < 1,0$ und der k-Faktor k_p nur für $e_1/h < 0,5$ von der Lastausmitte abhängen.

$$|v_{\text{R,fi,d,90}}| = 0,0246 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,69 \cdot 0,95 \cdot 0,725 = 0,0352 = |v_{\text{E,fi,d,t}}| = 0,0352$$

$$\mu_{\text{tot,fi,d,90}} = 0,0667 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,69 \cdot 0,95 \cdot 0,725 = 0,0955 > \mu_{\text{E,fi,d,t}} = 0,0537$$

Die Giebelstütze erfüllt die Anforderungen für F 90.

Die programmierte Berechnung ergibt eine Branddauer von $t = 93$ min (Bild 40).

Dieses Beispiel ist nicht praxisgerecht und kann so nicht vorkommen. Laut Schlußbericht ist immer das e_1 nach EN 1992-1-1 und damit immer mindestens die Imperfektion anzusetzen.

Diese beträgt nach EN 1992-1-1 ca. 2.60 cm.

Das Beispiel ist bei Berücksichtigung aller erforderlichen Nachweise auch mit der reduzierten Außermitte $e_1/h=1.31$ nicht in R90 einstuftbar.

Bei einer „Eigenlast“ von $N_{\text{Ed}} = -117 \text{ kN}$ ergibt $N_{\text{Ed,fi}} = -117/1.35 = -86.7 \text{ kN}$ und nicht -77.5 kN .

Die angesetzte Bewehrung entspricht 3 Ø 20 mm je Seite (18.85 cm^2). Der mit 1.2 berücksichtigte Faktor k_{Bew} darf bei 3 Eisen je Seite nur mit 1.0 angesetzt werden (Eckbewehrung $>50\%$). Die Stütze ist mit einem Nachweis nicht vollständig nachgewiesen. Es fehlt der Nachweis in Querrichtung, bei dem mit dem Diagrammverfahren dann nur die Eckbewehrung angesetzt werden kann..

Bei einer fiktiven Bewehrungsverteilung auf 4 Eisen je biegebeanspruchte Seite ergibt sich für die Eckeisen alleine ein Bewehrungsgrad von 0.725 %, der außerhalb der Verfahrensgrenzen liegt.



VOGELSANG

Eine Rückrechnung der Normalkraft im Brandfall ergibt folgende Einwirkungen aus Eigenlast, Schnee und Wind :

$N_{g,k} = -77.5 \text{ kN}$	$N_{s,k} = -16.5 \text{ kN}$	$q_{w,k} = 3.47 \text{ kN/m}$
aus Imperfektion :	$e_1 = 2.60 \text{ cm}$	$e_1/h = 0.07$
Leiteinwirkung Wind :	$N_{Ed} = -77.5 \times 1.35 - 16.5 \times 1.5 \times 0.50$	$= -117.00 \text{ kN}$
	$N_{Ed,fi} = -77.5 \times 1.00 - 16.5 \times 1.5 \times 0.00$	$= -77.50 \text{ kN}$
	$q_{Ed} = 3.48 \times 1.50$	$= 5.21 \text{ kN/m}$
	$q_{Ed,fi} = 3.48 \times 1.00 \times 0.50$	$= 1.74 \text{ kN/m}$
Leiteinwirkung Schnee :	$N_{Ed} = -77.5 \times 1.35 - 16.5 \times 1.5$	$= -129.40 \text{ kN}$
	$N_{Ed,fi} = -77.5 \times 1.00 - 16.5 \times 1.0 \times 0.20$	$= -80.80 \text{ kN}$
	$q_{Ed} = 3.48 \times 1.50 \times 0.6$	$= 3.13 \text{ kN/m}$
	$q_{Ed,fi} = 3.48 \times 1.00 \times 0.00$	$= 0.00 \text{ kN/m}$

Der Nachweis in Querrichtung für die Leiteinwirkung Schnee kann bei der vorgesehenen Bewehrungsverteilung normalerweise mit dem Verfahren nicht geführt werden, da es auf einen Mindestbewehrungsgrad von 1% begrenzt ist. Es wird deshalb mit 1% gerechnet.

Interpolation Diagramme Bild 10 und 11:

$h = 300 \text{ mm}$ $X_{R,90} = 0.030$; $h = 450 \text{ mm}$ $X_{R,90} = 0.085$; $h = 360 \text{ mm}$ $X_{R,90} = 0.052$

$$k_{fi} = 1.0$$

$$k_{Bew} = 1.0$$

$$k_1 = 0.65 (1 - 0.07) (3 - 360/150) = 0.363$$

$$h' = 0.65 (5 - 360/150) - 0.363 = 1.327$$

$$k_u = (1.327 - 1)/0.05 \times 0.153 - 2 \times 1.327 + 3 = 1.347$$

$$k_1 = 0.75 + 0.2 \times 0.07 = 0.764$$

$$k_c = (1 - 0.764)/10 \times 20 + 3 \times 0.764 - 2 = 0.764$$

$$k_p = 0.6 - 0.1 (1.0 + 1) 0.07 = 0.586$$

$$N_{R,fi} = 0.052 \times 1.347 \times 0.764 \times 0.586 \times 36^2 \times 17 / 10 = 69.1 \text{ kN} < 80.8 \text{ kN} (77.5)$$

mit einem Bewehrungsgrad der Eckenbewehrung von 1.45 % ergibt sich :

$$k_p = 0.6 - 0.1 (1.45 + 1) 0.07 = 0.586 < 0.725$$

$$N_{R,fi} = 0.052 \times 1.347 \times 0.764 \times 0.725 \times 36^2 \times 17 / 10 = 85.5 \text{ kN} > 80.8 \text{ kN}$$

Fazit :

Um den Nachweis Leiteinwirkung Schnee in der Querrichtung zu erfüllen, muss annähernd die gesamte Bewehrung auf die Ecken konzentriert werden. Dann wäre jedoch der Nachweis Leiteinwirkung Wind in der Biegerichtung mit einem $e_1/h = 1.31$ nicht erfüllt, da sich in diesem Fall der Faktor k_{Bew} auf 1.0 reduziert. Dies gilt auch für die ständige Einwirkung alleine.

Bei Berücksichtigung aller erforderlicher Nachweise kann die Stütze mit dem zugrundegelegten Bewehrungsbild nicht in R90 eingestuft werden.

**K.0002 Ergebnis** (max. Längsdurchmesser Ø 20 biegeorientierte Bewehrung)

Das Programm K.0002 geht hier weiter als das einachsig orientierte StabaF. Es werden alle Kombinationen nach EN 1990 automatisch ausgewertet und hierbei auch die Stabilitätsnachweise in beiden Richtungen geführt. Es wird ein Bewehrungsbild generiert, das allen Nachweisen genügt.

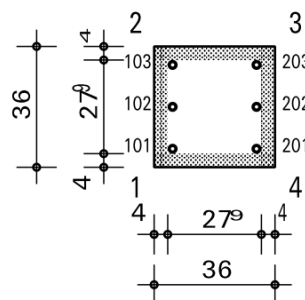
Für das Beispiel wird die Horizontallast aus Wind auf 2.82 kN/m reduziert, so dass sich unter Berücksichtigung der Imperfektion ein $e_1/h = 1.31$ ergibt.

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned} k_{cm} &= 0.82 & az &= 40.5 \text{ mm} \\ h_{x,fi} &= 27.9 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 27.9 \text{ cm} \\ f_{c,M}(\theta) &= 15.7 \text{ N/mm}^2 \\ E_{cd,m}(\theta) &= 15360 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	5.5	5.5	20	479
102	5.5	18.0	20	302
103	5.5	30.5	20	479



Das Ergebnis ist mit dem $A_s = 18.85 \text{ cm}^2$ des Berichtes identisch. Es bedeutet gleichzeitig, dass 4 Ø 20 in den Ecken die Stabilität in Querrichtung für eine Normalkraft von -80.8 kN alleine unter Ansatz der Imperfektion gewährleisten. Bei diesem Bewehrungsbild liegt jedoch über 50% der Bewehrung in den Ecken und der Faktor k_{Bew} darf beim Diagrammverfahren dann nur mit 1.0 angesetzt werden.

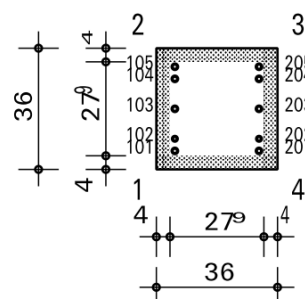
alternativ: max Längsbewehrungsdurchmesser Ø 16

reduzierter Betonquerschnitt

$$\begin{aligned} k_{cm} &= 0.82 & az &= 40.5 \text{ mm} \\ h_{x,fi} &= 27.9 \text{ cm} & h_{y,fi} &= 27.9 \text{ cm} \\ f_{c,M}(\theta) &= 15.7 \text{ N/mm}^2 \\ E_{cd,m}(\theta) &= 15360 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Bewehrungsbild x/y bezogen auf Ecke un/li

Nr	x cm	y cm	d _s mm	θ °C
101	5.5	5.5	16	479
102	5.5	9.1	14	387
103	5.5	18.0	16	302
104	5.5	26.9	16	387
105	5.5	30.5	16	479



Es müssen 8 Ø 16 + 2 Ø 14 mit $A_s = 19.2 \text{ cm}^2$ oder 10 Ø 16 mit $A_s = 20.1 \text{ cm}^2$ eingelegt werden.

Zu erkennen ist hier, dass die jeweils ersten Inneneisen je Ecke mit Mindestabstand an die Eckeisen herangerückt werden müssen, um den Stabilitätsnachweis in Querrichtung zu erfüllen.

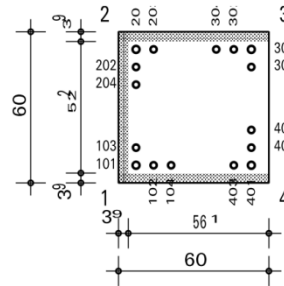
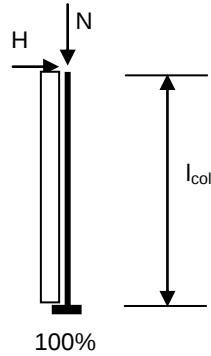
Das Beispiel zeigt im Grunde die Problematik der biegeorientierten Bewehrungsanordnung im Zusammenhang mit den erforderlichen Nachweisen in Querrichtung des Querschnitts auf.



Beispiel schlanke Stütze mit 3-seitigem Brandangriff

Die Stütze ist ein praktisches Beispiel, das ursprünglich mit dem Level 3 Programm SAFIR berechnet wurde. Eine Vergleichsrechnung von Dr. Upmeyer mit BoFire hat das Ergebnis bestätigt.

3-seitiger Brandangriff von links:



Stützenquerschnitt $h / b = 60 / 60$ cm Beton C 35/45 Betonstahl BSt 500 S (A)
 $l_{col} = 15.00$ m $l_o = 30.00$ m

Der Querschnitt zeigt das Ergebnis aus K.0002.

Bewehrung :

1 Ø 28 + 3 Ø 25 je Ecke, $u = 7$ cm, Abstand untereinander 7 cm, $A_s = 83.5$ cm² entspricht 2.32%
 charakteristische Einwirkungen:

ständige Last : $N = 268.00$ kN am Kopf zentrisch

aus Wind : $H = 8.00$ kN am Kopf $w = 3.00$ kN/m horizontale Streckenlast

im Brandfall:

$$\begin{aligned} N &= 268.0 \times 1.0 &= 268.00 \text{ kN} \\ M &= (8 \times 15.0 + 3.0 \times 15.0^2/2) \times 0.50 &= 217.50 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Außermittle in Richtung der thermischen Krümmung

$$e_0 = 217.5 / 268 = 0.81 \text{ m}, \quad e_a = 0.039 \text{ m}, \quad e_1 = 0.81 + 0.039 = 0.849 \text{ m}$$

$$e_1 / h = 0.849 / 60 = 1.415 \quad l_0 / h = 30 / 0.60 = 50$$

$$u / h = 0.07 / 0.60 = 0.116$$

Diagramm Bild 12	$N_{R,fi}$	$= 600^2 \times 17 / 10^3 \times 0.048$	$= 294.00$ kN
Brandangriff 3-seitig	k_{fi}	$= 0.6 + 0.2 \times 1.415 = 0.883$	$> = 0.80$
Randabst. u/h	k_1	$= 0.65 (1 - 1.415) \times (3 - 600/150)$	$= 0.270$
	h'	$= 0.65 (5 - 600/150) - 0.270 = 0.380$	$< = 1.00$
	k_u	$= (1.0 - 1)/0.05 \times 0.116 - 2 \times 1.0 + 3$	$= 1.00$
Beton C35/45	k_1	$= 1.1 - 0.1 \times 1.415 = 0.9585$	$< = 1.00$
	k_c	$= (1.0 - 1)/20 \times 35 - 1.5 \times 1.0 + 2.5$	$= 1.00$
Bewehrungsgrad	k_p	$= 1 + (2.32 - 2) \times 1.415 = 1.453$	$> = 1.16$
	$N_{R,fi}$	$= 294.0 \times 0.80 \times 1.16$	$= 272.80$ kN

Die Stütze ist in R90 einstuftbar. Das Ergebnis von K.0002 wird exakt bestätigt.



VOGELSANG

3. Zusammenfassung

Die Beispiele zeigen, dass das Programm K.0002 und das Diagrammverfahren Hosser/Richter aus EN 1992-1-2/NA Anhang AA nahezu identische Ergebnisse erzielen.

Darüber hinaus konnte am Berichtsbeispiel 2 gezeigt werden, dass mit K.0002 alle erforderlichen Nachweise in einem Arbeitsgang durchgeführt werden können. Hier sind mit dem Diagrammverfahren mehrere verschiedene Nachweise mit unterschiedlichen Bewehrungsbildern notwendig, die eine wirtschaftliche Ausnutzung der Bewehrung nicht in allen Fällen zulassen.

Neureichenau, den 28.01.2016

Dipl.-Ing. Dieter Vogelsang

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