



Heißbemessung Stahlbetonbauteile Stützen, Wände, Balken, ein- und zweiachsig gestützte Platten

Das Systemhaus Vogelsang hat seine Programme zur Heißbemessung von Stahlbetonbauteilen komplettiert. Mit der Integration der Heißbemessung in den Plattenprogrammen des VP2-Systems-Statik stehen nun für alle Stahlbetonbauteile im Hochbau durchgehend Brandschutznachweise zur Verfügung.

Diese werden grundsätzlich mit der Kaltbemessung kombiniert, so dass für die Heißbemessung keine separaten Betrachtungen bzw. Berechnungen erforderlich sind.

Grundlage für alle Programme ist die in DIN EN 1992-1-2 Anhang B.2 beschriebene „Zonenmethode“, die auch mit dem Nationalen Anhang in Deutschland zugelassen ist. Die Einwirkungskombinatorik wird nach DIN EN 1991-1-2 NA 4.3 durchgeführt.

Stahlbetonstützen und -wände

Mit K.0003 brachte das **Systemhaus Vogelsang** 2007 das erste Programm zur Heißbemessung von Stahlbetonstützen und -wänden auf den Markt. Sowohl ein- als auch zweigeschossige Pendel- bzw. Kragssysteme mit Rechteck-, Kreis- oder Ellipsenquerschnitt können berechnet werden. Hierbei wird nicht ein vorgegebener Querschnitt nachgewiesen, sondern es werden für bis zu 10 Lastsituationen mit beliebig vielen Einwirkungskategorien sämtliche Kombinationen nach DIN 1055-100 automatisch überprüft und iterativ das erforderliche Bewehrungsbild generiert.

Mehrere Validierungen bestätigen die Ergebnisse im Vergleich zu Level 3 Programmen der Universitäten.

Stahlbetonbalken

Mit dem Programm G.0011 können sowohl Einfeld- als auch Mehrfeldbalken berechnet werden. Wahlweise werden vorhandene Bewehrungsbilder nachgewiesen oder erforderliche generiert. Hierdurch ist es möglich, Querschnitte, die nach den Normentabellen nicht mehr z.B. in die Feuerwiderstandsklasse R90 eingestuft werden können, für diese nachzuweisen.

Einachsige Stahlbetonplatten

Mit dem Programm E.0011 können einachsige gespannte Stahlbetonplatten berechnet werden. Die Nachweise werden ähnlich dem Programm G.0011 geführt. Beide Programme sind über Beispiele aus der Fachliteratur sowie mit den in [1] beschriebenen Brandversuchen validiert.

Zweiachsige Stahlbetonplatten

Mit dem Programm E.0020 „Deckenplatten universell“ wird die Bemessung unter Brandbeanspruchung für Stahlbetonbauteile komplettiert. Es berechnet Deckenplattengrundrisse, die beliebig aus 4-seitig, 3-seitig, 2-seitig gegenüber oder über Eck gestützte sowie Kragplatten zusammengesetzt werden können. Die Platten sind mit Flächen-, Strecken- und/oder Einzellasten belastbar. Die Anzahl der Einwirkungskategorien ist unbegrenzt. Sämtliche Kombinationen nach

DIN 1055-100 werden automatisch durchgeführt. In der Kaltbemessung erfolgt zunächst eine Einzelplattenbetrachtung unter Berücksichtigung der Drehfedern aus Nachbarplatten nach der FE-Methode. In einem 2. Rechenlauf wird dann der Einfluss der benachbarten Platten ermittelt. Für die so gewonnenen Extremwerte wird danach die Bemessung durchgeführt. Zusätzlich werden im Zustand II die Endverformung aus der quasiständigen Kombination (L/250) sowie die Zusatzverformung der veränderlichen Einwirkungen aus der seltenen Kombination (L/500) ermittelt und kontrolliert.

Bei der Heißbemessung sind ergänzende Überlegungen notwendig. Hier muss zwischen Plattenbereichen einer einachsigen und einer zweiachsigen Beanspruchung unterschieden werden. Der Unterschied wird auch durch getrennte Werte für einachsige und zweiachsige gestützte Platten in Tabelle 5.8 DIN EN 1992-1-2 dokumentiert. Einachsige Bereiche wie freie Ränder von 3-seitig gestützten Platten etc. werden deshalb wie bei Programm E.0011 behandelt.

In [2] und [3] werden für 4-seitig gestützte Platten aufwändige FE-Methoden entwickelt, mit deren Hilfe das Tragverhalten von diesen Stahlbetonplatten unter Brandbeanspruchung untersucht werden kann. Diese Stahlbetonplatten erfahren unter Brand grundsätzlich sehr große Verformungen und Dehnungen. Werden diese Dehnungen z.B. durch kalte Nachbarbereiche behindert, entstehen Zwängungen, die sich positiv auf das Tragverhalten der Platten auswirken. Der zeitliche Verlauf der Verformungen ist hierbei jedoch nicht gleichmäßig. Sie steigen zunächst bis ca. Min. 20 bzw. 30 relativ steil an um dann bis zur Min. 70 bzw. 80 abzufachen. Bei Dehnbehinderung bauen sich zunächst Zwängungen auf, die sich mit zunehmender Verformung nach ca. 30 bis 40 Min. abrupt abbauen.

Beide Arbeiten [2] und [3] gehen nur von gleichmäßig verteilten Flächenlasten aus und treffen keine abschließende Aussage zu der Frage der unterschiedlichen Temperatur der Bewehrung in den beiden Richtungen aufgrund der Randabstände. In [3] wird sogar explizit darauf hingewiesen, dass die Einstufung einer Platte in F90 mit einem Bewehrungsrandaufstand von 15 mm nur gilt, wenn der Plattenmittbereich nicht durch konzentrierte Lasten beansprucht ist.

In [4] wird ein vereinfachtes Rechenverfahren auf Basis der Fließgelenklinientheorie entwickelt, dass in seinen Traglastansätzen der heutigen Zonenmethode entspricht. Es geht ebenfalls von einer „zermürbten Zone“ und einer Spannungsverteilung gemäß Bild B.2 DIN EN 1992-1-2 aus. Die über den Zeitverlauf des Brandes nicht konstanten Einflüsse wie Dehnungsbehinderung, Membranwirkung und Teilbeheizung werden bewusst vernachlässigt, da sie entweder einen marginalen Einfluss auf das Tragverhalten haben oder im zeitlichen Verlauf des Brandes nur einen positiven Einfluss haben, der nicht in jeder Phase des Brandes aktiviert werden kann. Je nach Einspannverhältnissen wird im Bruchzustand von einem freidrehbar gelagerten Innenbereich mit einer Breite von 0.7 L ausgegangen, der sich auf dreiseitig gestützte Randbereiche abstützt.



VOGELSANG

In Abhängigkeit von diesen Verhältnissen der Platte wird unter Berücksichtigung der unterschiedlichen temperaturabhängigen Stahlfestigkeiten aufgrund der Randabstände eine nach 90 Min. Branddauer aufnehmbare Bruchlast als gleichmäßig verteilte Flächenlast ermittelt.

Validiert wurde das Verfahren u.a. an Brandversuchen mit Platten vorhandener Wohnhäuser – „Lehrter Brandversuche“ - , die lediglich eine Bewehrungsführung nach den Normen der Kaltbemessung ohne besondere Brandschutzbewehrung aufwiesen.

Das Programm E.0020 ermittelt auf der sicheren Seite liegend die Schnittkräfte im Brandfall äquivalent zu denen der Kaltbemessung. Diese entsprechen mindestens den entsprechenden Schnittkräften der Modelle nach [4] bzw. liegen auf der sicheren Seite. Danach werden für die Richtungen getrennt in einer thermischen Analyse die Temperaturen der Richtungsbewehrung für die geforderte Feuerwiderstandsklasse, die Tragmomente und die Ausnutzungsgrade ermittelt. Liegt der Ausnutzungsgrad einer Richtung über 1.03, geht das Programm von einer Schnittkraftumlagerung in Richtung der geringeren Ausnutzung aus. Über die Tragmomente werden dann die Richtung und die Größe des Haupttragsmoments ermittelt. Über eine Umkehrung der Berechnungsansätze für Bemessungsmomente beliebiger Bewehrungsnetze nach Kuyt wird dann das aufnehmbare Moment und der Ausnutzungsgrad in der Haupttragrichtung bestimmt.

Im Bereich der einachsigen Beanspruchung werden mit dem Programm Ergebnisse erzielt, die unter den Werten der Normtabellen liegen. Im Bereich der zweiachsigen Beanspruchung können die Tabellenwerte (15 mm FWK 90) nicht erreicht werden. Dies ist jedoch für die Praxis nicht entscheidend, da nach den neuen Normen immer eine Mindestbetondeckung von 20 mm einzuhalten ist und damit Bewehrungsrandabstände von 23 bis 25 mm vorhanden sind. Darüber hinaus sind die Tabellenwerte der Norm wissenschaftlich nur für gleichmäßige Flächenlasten nachgewiesen und liegen damit bei konzentrierten Lasten auf der unsicheren Seite.

Bild 1 zeigt einen typischen kleinen Wohnhausgrundriss der in die Feuerwiderstandsklasse R90 eingestuft werden soll. Auf Pos. 2 werden die Lasten eines Dachstiels aus Eigengewicht, Schnee und Wind angesetzt.

Bild 2 zeigt die temperaturabhängig reduzierten Material- und Querschnittswerte und die Bemessung. Zu erkennen ist hierbei, dass bei den Innenfeldern ohne Umlagerung die Ausnutzung in der Haupttragrichtung aufgrund der hohen Stahltemperaturen > 1.0 ist, in der resultierenden Tragfähigkeitshauptrichtung die Ausnutzung jedoch < 1.0 bleibt.

Fazit

Mit der Ergänzung des neuen Programms E.0020 können nunmehr im **VP2-System-Statik** durchgängig für alle Stahlbetonbauteile des Hochbaus integrierte Brandschutznachweise geführt werden.

- [1] Kordina, K.; Ehm, H.; von Postel, R.: Erwärmungsvorgänge an balkenartigen Stahlbetonbauteilen unter Brandbeanspruchung Heft 230 DAfStB 1975
- [2] Kiel, M.: nichtlineare Berechnung ebener Stahlbetonflächentragwerke unter Einfluss von Brandbeanspruchung, Dissertation 1987 TU BS
- [3] Wiese, J.: zum Trag- und Verformungsverhalten von Stahlbetonplatten unter partieller Brandbeanspruchung, Dissertation 1988 TU BS
- [4] Wesche, J.: Brandverhalten von Stahlbetonplatten im baupraktischen Einbauzustand, Dissertation 1985 TU BS



VOGELSANG

Dipl.-Ing. Dieter Vogelsang

*Systemhaus im Bauwesen
Gern 3 94089 Neureichenau
Tel. 08583 / 2301 Fax 2336
info@vogsys.de www.vogsys.de*



Beton C25/30, Stahl BSt 500 M (A)
h = 18 cm, c = 20 mm, ds = 6 mm, u = 23 mm

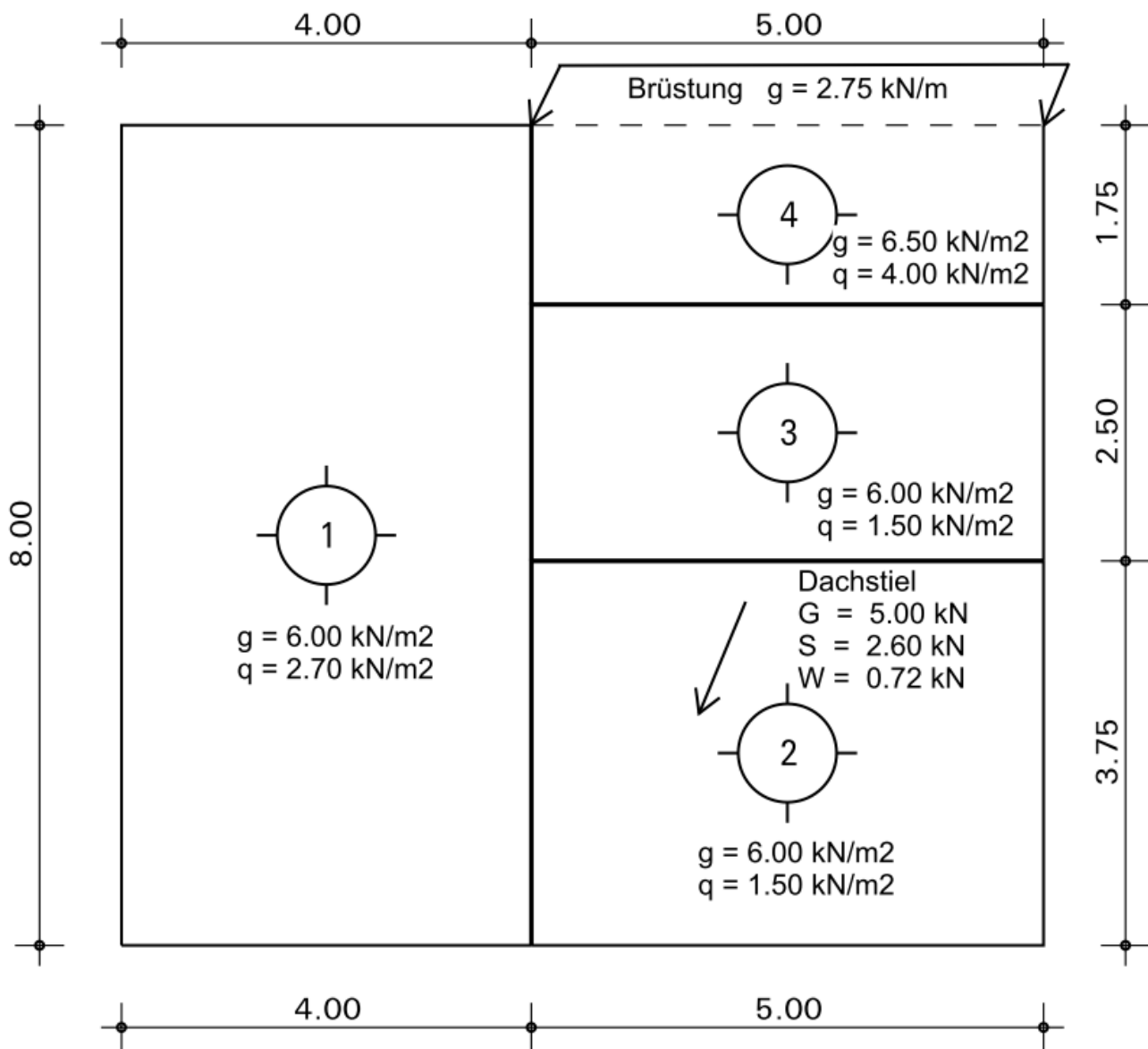


Bild 1 : Wohnhausgrundriss mit Sonderlasten



reduzierte Querschnitts- und Materialwerte

Position	Index	az cm	h cm	k _{co}	k _{cu}	f _{yk} N/mm ²	d _{1xu} cm	θ _{xu} °C	d _{1yu} cm	θ _{yu} °C	d _{1o} cm	θ _o °C
1		2.7	15.3	1.00	0.73	500	2.3	577	2.9	503	2.3	20
2		2.7	15.3	1.00	0.73	500	2.9	503	2.3	577	2.3	20
3		2.7	15.3	1.00	0.73	500	2.3	577	2.9	503	2.3	20
4		2.7	15.3	1.00	0.73	500	2.3	577	2.9	503	2.3	20

Biegebemessung Feldmomente

Position	Index	Ort	Erh. %	m _{ed,fi} kNm/m	k _s	a _s cm ² /m	f _{s,fi} kN/m	x cm	z cm	ε _s %	m _{rd,fi} kNm/m	Ausn.
1		xm	0.0	7.4	0.54	2.0	54.8	0.3	12.9	18.6	7.1	1.04
		ym	0.0	4.0	0.77	1.1	43.9	0.2	12.4	22.2	5.4	0.74
		resm		5.5							6.1	0.89
2		xm	0.0	3.1	0.77	0.8	30.4	0.2	12.4	32.2	3.8	0.82
		ym	0.0	4.3	0.54	1.1	29.4	0.1	13.0	34.9	3.8	1.12
		resm		3.7							3.8	0.97
3		xm	0.0	0.8	0.54	0.2	5.7	0.0	13.0	182	0.7	1.12
		ym	0.0	0.4	0.77	0.1	5.0	0.0	12.4	198	0.6	0.60
		resm		0.6							0.7	0.86
4		xm	0.0	4.9	0.54	1.4	38.4	0.2	13.0	26.6	5.0	0.98
		ym	0.0	3.4	0.77	1.0	38.6	0.2	12.4	25.3	4.8	0.71
		xro	0.0	5.4	0.54	1.5	41.7	0.2	13.0	24.5	5.4	1.00

Bild 2 : temperaturabhängig reduzierte Material- und Querschnittswerte und Bemessung der Felder